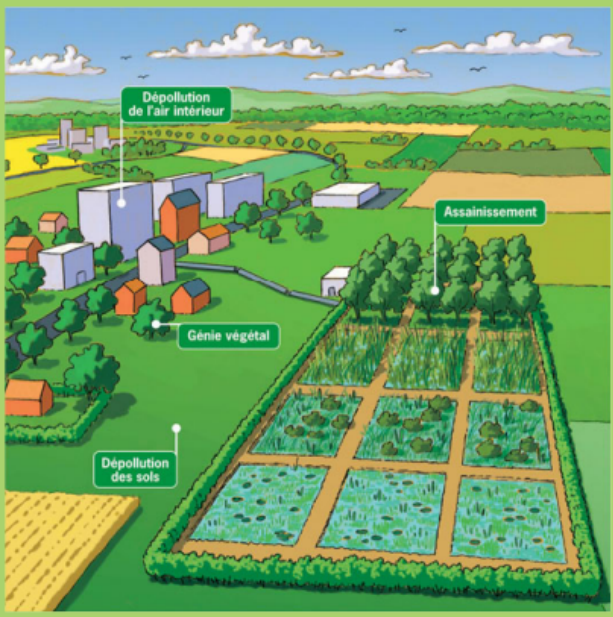
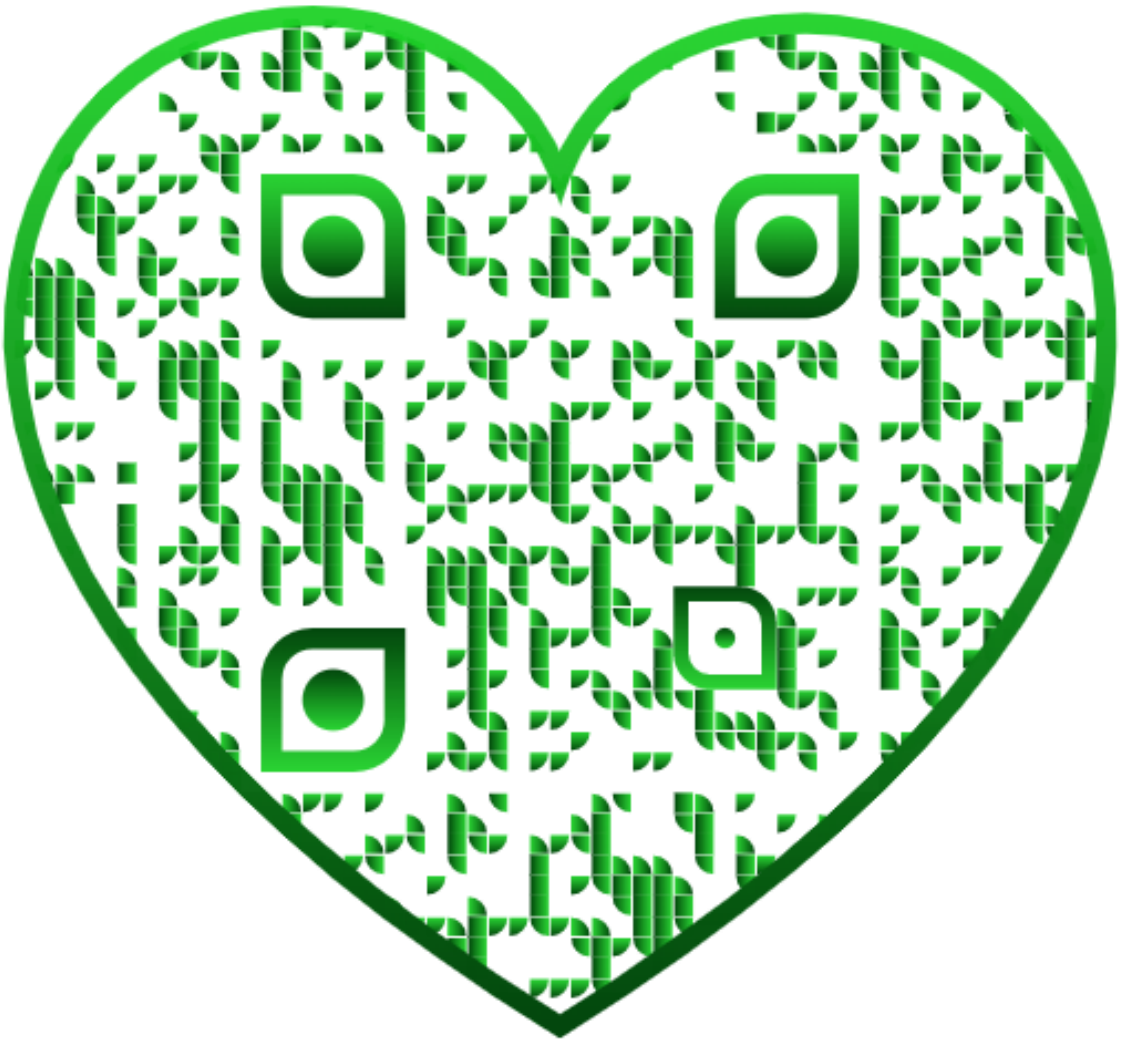
Sébastien Illovic – Vincent Bonnarme

Ces plantes
qui guérissent l'habitat
Phytoépuration et génie végétal



EYROLLES

SHOUT
SHARE
IT



Sauf mention contraire, les schémas et photos sont des auteurs sauf pp. 12-13, 46-47, 56-57, 68 (bas gauche et droite), 98-99, 101 (haut), 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128 : © Fotolia.com.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du Droit de Copie, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2012, ISBN : 978-2-212-12713-3

SOMMAIRE

Remerciements 1

Avant-propos 3
Pourquoi ce livre? 4

Chapitre 1 – Introduction... 6
Histoire d'une démarche ancienne 6
Origine des polluants 7
Une démarche nouvelle : le développement durable 8

LES PLANTES ET LA DÉPOLLUTION 12

Chapitre 2 – L'utilisation de plantes dépolluantes 14
Description et mécanisme de la plante 14
Méthodes de phytoremédiation 14

Chapitre 3 – Application des plantes dans la dépollution 19
Domaines d'applications 19
Le traitement de l'eau 19
Le traitement du sol 26
Le traitement de l'air intérieur 30
Bio-surveillance de la qualité de l'air 42

Chapitre 4 – Synthèse de la phytoremédiation 44
Avantages et inconvénients 44
Vers une recherche permanente des connaissances sur le pouvoir des plantes 44

LES PLANTES ET LA GESTION DE L'EAU 46

Chapitre 5 – La nouvelle politique des espaces verts raisonnés 48
La consommation en eau des particuliers 48
Les besoins importants des collectivités 49

Chapitre 6 – Le choix des plantes, vecteur d'économie d'eau 52
Les plantes utilisées 52
La mise en place des plantes 52
Plantes et restriction d'eau 53

APPLICATIONS DU GÉNIE VÉGÉTAL POUR LA GESTION DE L'EAU 56

Chapitre 7 – La « gestion différenciée » des espaces verts 58
Définition générale 58
La définition d'une collectivité 58

Chapitre 8 – Les méthodes alternatives de gestion des eaux pluviales 60
La bio-rétention 60
Les techniques de bio-rétention 61

Chapitre 9 – Contre l'érosion, les plantes « fixateurs » des sols 69
Des solutions selon les types de sol 69

La végétation rivulaire 70
Actions physiques positives de la végétation 72
Des solutions prévégétalisées 74
Les solutions de tapis anti-érosifs 78
Les limites 84

Chapitre 10 – La gestion des eaux usées 89
Traitement des eaux usées et filtre planté de roseaux 89
Le cas des collectivités 89
Le cas de l'assainissement individuel 91

Chapitre 11 – Les piscines naturelles 93
La piscine naturelle comme système d'épuration 93
Allier l'eau et le jardin 93

Postface – Les nouveaux horizons du génie végétal... 96

ALLER PLUS LOIN 98

Annexe 1 – Plantes susceptibles de dépolluer l'eau 100

Annexe 2 – Capacité des plantes à purifier l'air intérieur 111

Annexe 3 – Espèces végétales économes en eau 115
Les arbustes... 115
Les arbres... 120
Les vivaces... 124

Adresses et bibliographie 128
Adresses 128
Bibliographie 128

Index 130

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier plus particulièrement les entreprises citées et tout leur personnel qui ont bien voulu nous faire partager leur expérience dans cet ouvrage, notamment le cabinet Adev Environnement (Vincent Baudon, Julie Four, Charlotte Jacquet-Martin, William Mathalou (stagiaire) et la société Biozeo (Christophe Marchadier).

AVANT-PROPOS

Depuis plusieurs décennies, le développement économique a entraîné des conséquences environnementales irrémédiables avec des inégalités territoriales insoupçonnables à l'échelle mondiale. D'un côté, l'essor industriel galopant qui engendre des déséquilibres écologiques (pollutions, menaces sur les écosystèmes et la biodiversité) et de l'autre, des peuples qui se battent tous les jours pour survivre.

Avec le développement durable, nous avons pris conscience que la nature disposait d'outils permettant de rééquilibrer les milieux écologiques, naturels et urbains.

Les plantes sont un de ces outils particulièrement intéressants. Des études et des recherches nous prouvent qu'elles peuvent devenir de véritables alliés et amis dans beaucoup de situations à la maison, au bureau… ou ailleurs, dans des sites vierges.

L'utilisation des plantes doit pouvoir s'inscrire dans une démarche aussi bien privée que professionnelle. A l'échelle collective ou publique, l'espace vert n'est plus perçu simplement comme une solution facile pour combler du vide mais comme un choix délibéré, utile pour la société, qui s'inscrit dans une démarche de développement durable.

L'objet d'un ouvrage sur cette thématique est de présenter un recueil des plantes et des techniques qui apportent des solutions

raisonnées et raisonnables dans certaines problématiques d'aménagement. Ce recueil d'informations n'a pas de prétention à l'exhaustivité car il se concentre sur une synthèse des études liées à l'utilisation/utilité des plantes, avec un certain nombre de retours d'expériences.
Il a l'ambition d'être un outil pour tous ceux, professionnels et particuliers, qui souhaitent pouvoir d'une part, apporter des réponses concrètes aux problèmes de pollutions mineures ou majeures et d'autre part, réfléchir à des aménagements publics qui seraient économes en entretien et en consommation d'eau.

POURQUOI CE LIVRE?

L'utilisation des plantes dans une perspective de développement durable intéresse de plus en plus les chercheurs, les professionnels et les industriels.
D'une part, grâce à leurs propriétés, les plantes peuvent agir pour épurer les différents milieux, l'air, l'eau et le sol, par des actions directes sur la pollution. En effet, certaines espèces de plantes sont potentiellement accumulatrices de polluants. De ce fait, les plantes peuvent servir pour la dépollution de sites, mais aussi pour le traitement des métaux lourds et divers polluants, l'épuration des eaux usées ou encore le traitement de la pollution de l'air.
D'autre part, elles permettent de réaliser des économies d'eau et ainsi de réduire la consommation en énergie. Comment ? En choisissant des plantes peu exigeantes en eau et résistantes au climat sec, tout en utilisant des méthodes alternatives pour limiter la consommation en eau.
Cet ouvrage se propose de répertorier les diverses espèces de plantes capables de capter certains polluants et de décrire les éléments assainis ainsi que le milieu traité. Pour chaque milieu contaminé, comme le sol, l'eau et l'air, il existe des familles de plantes permettant de les traiter.
L'autre objectif est de répertorier les différentes espèces végétales utiles pour une gestion raisonnée et économe en eau.

Cet ouvrage présentera successivement :

- Une partie consacrée à **l'utilisation des plantes dépolluantes** dans le cadre du développement durable, les mécanismes des plantes, les méthodes et les objectifs de la dépollution.
- Les différents **traitements par les plantes** concernant la pollution de l'eau, le sol et l'air. La description, les plantes utilisées, les éléments traités, les conditions d'implantation ainsi que l'efficacité de la plante sont répertoriés suivant les données disponibles.
- Une synthèse des **avantages et des inconvénients**, et l'état de l'avancement des recherches sur ce sujet, a été réalisée.
- Le **rôle des plantes pour l'économie d'eau** dans l'aménagement des espaces verts.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION...

HISTOIRE D'UNE DÉMARCHE ANCIENNE

Depuis l'antiquité, dans le monde entier, les plantes sont utilisées par les hommes pour leurs différentes vertus, principalement médicinales et épuratoires.
L'utilisation des plantes par leurs capacités épuratoires pour le traitement de l'eau n'est pas un concept nouveau. Les Grecs et les Romains depuis l'Antiquité, ainsi que les Chinois depuis plusieurs siècles, **utilisent les plantes pour traiter la pollution des eaux.** Ils connaissaient l'effet dépolluant des plantes de type macrophyte (les plantes aquatiques visibles à l'œil nu).
Cependant, ce n'est qu'à partir des années 1950 que des chercheurs allemands commencent à analyser ce phénomène de façon scientifique. Ils mettent en évidence que ce ne sont pas les plantes elles-mêmes qui ont une activité dépolluante mais, plutôt, les bactéries vivant autour de leurs rhizomes (tige souterraine en forme de racines).
En France, des sociétés ont développé des systèmes de traitement des eaux par les plantes depuis les années 1990.
Au 16e siècle, André Cesalpino, un botaniste de Florence, découvre une plante poussant sur des roches naturellement riches en métaux (notamment le nickel). De 1814 à 1948, de nombreuses études sont faites par des scientifiques sur cette plante nommée Alysum Bertolinii. On découvre alors qu'elle accumule dans son organisme une forte teneur en métaux du sol où elle vit, une teneur plus importante que celle qui est dans le sol.
Par la suite, d'autres **plantes ayant les mêmes propriétés d'accumulation des métaux** sont découvertes.
C'est en 1970 qu'apparaît l'idée d'utiliser ces plantes aux propriétés particulières. Cette pratique a alors trouvé un regain d'intérêt notamment pour le traitement des composés organiques et des métaux lourds.

ATTENTION

Certaines plantes peuvent se développer en milieux contaminés. Elles peuvent aussi extraire, accumuler, stabiliser, volatiliser ou dégrader un agent polluant donné.

La **phytoremédiation** est basée sur cette propriété et peut dans certains

cas apporter une solution. Il s'agit d'**une méthode de décontamination des sols, des eaux et de l'air qui ont été souillés par des polluants comme les métaux lourds, les hydrocarbures, les pesticides**… Elle est basée sur la capacité qu'ont certaines plantes à se développer en milieux contaminés, et à extraire, accumuler, stabiliser, volatiliser ou dégrader un agent polluant donné.

ALLER PLUS LOIN

L'étymologie du mot phytoremédiation provient du grec « phyton », se traduisant par « la plante » et du latin « remedium », qui se traduit par « rétablissement de l'équilibre ».

On peut donc considérer que l'efficacité des plantes vers des applications dépolluantes ne relève plus de l'expérimental.
À Tchernobyl, en Ukraine, des tournesols ont été utilisés pour décontaminer les eaux de certains radionucléides, voire même de sols profonds. Ces derniers ne sont qu'un exemple de ce qui peut être développé dans cet ouvrage.

ORIGINE DES POLLUANTS

Un polluant est défini comme un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions, développe des impacts négatifs sur tout l'environnement ou sur une partie d'un écosystème.
L'industrie, les transports, l'agriculture intensive et l'urbanisation ont engendré l'apparition de polluants dans l'atmosphère, le sol et l'eau.
Fortement développée depuis un siècle, l'industrie a en outre privilégié le rendement immédiat sans tenir compte de l'impact sur l'environnement.
Les activités industrielles ont entraîné une pollution des sols, en particulier :

- les activités minières (charbon, fer, potasse, bauxite, minerai, etc.)
- les activités pétrolières (sites d'exploitation pétrolière, stations service, déversement accidentel d'hydrocarbures)
- l'industrie chimique (sites des centres de production et de stockage)
- les friches industrielles (sites d'anciennes usines)
- les autres activités industrielles (cokerie, sidérurgie, fabrication de peinture, automobile, etc.
- d'anciens sites de décharges (déchets industriels dangereux)

Les sites ayant accueilli une activité industrielle peuvent être actifs ou au repos.
L'ère industrielle a engendré l'abandon des valeurs ancestrales (notamment la combinaison de l'homme et de la nature) au profit de valeurs jugées plus modernes. Du coup, toutes les logiques

liées à la nature ont été abandonnées ou tout au moins réduites.
La multiplication des modes de transports (route, rail, air), leur développement exponentiel et l'urbanisation sont également source de pollution.
Enfin depuis les années 1950 en particulier, le rendement des surfaces agricoles a été largement privilégié au détriment de la préservation du milieu naturel.
Métaux lourds, hydrocarbures, gaz toxiques, produits phytosanitaires, pesticides, nitrates… ont ainsi contaminé les milieux naturels et l'environnement, tout du moins en partie.
L'intérêt pour traiter ces différents polluants avec des plantes est ainsi devenu une méthode alternative qui respecte l'environnement et entre dans le cadre du développement durable.

UNE DÉMARCHE NOUVELLE : LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Depuis deux décennies, les problématiques environnementales associées aux notions de développement économique et industriel, phénomène à une échelle mondiale (avec les inégalités territoriales que nous connaissons), ont poussé les sociétés occidentales à méditer sur une gestion raisonnée ; ce boom médiatique et culturel de l'après 2000 est significatif d'une évolution des cultures et des mentalités face à la nature et ses ressources.

LA NOTION D'APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE

Même si le terme « approche écosystémique » paraît peu explicite au premier abord, il est au contraire doté d'un fort pouvoir évocateur de résolution de problématiques de notre société ; en effet, cette notion consiste à aborder notre territoire, notre espace général comme un véritable écosystème où tout peut être en équilibre. L'écosystème est complexe et en même temps les éléments qui le constituent doivent fonctionner ensemble pour être en équilibre. C'est sur ce principe que la nature aide la nature et que bien sûr, les technologies peuvent accélérer et organiser plus facilement certains processus. Reste que c'est la connaissance de ces écosystèmes qui peut permettre de réaliser et d'assurer des traitements dits ciblés.

LA NOTION DE PHYTOTECHNOLOGIE

D'ailleurs, un mot nouveau est apparu dès la fin des années 1980 : la « phytotechnologie ».
Parfois, l'utilisation de phytotechnologies conditionne le développement de la biodiversité et l'intégration paysagère d'un site.
Les exemples de phytotechnologies sont nombreux et variés, en voici quelques-uns.

DÉFINITION

Les phytotechnologies regroupent toutes les utilisations de plantes vivantes qui visent à :

- **répondre à des problématiques d'épuration de l'eau et de l'air,**
- **contrôler l'érosion, restaurer des sites dégradés,**
- **capter les gaz à effet de serre ou réduire la chaleur et la vélocité du vent.**

Quelques exemples de phytotechnologies

Marais filtrants

Ce système est composé d'un bassin, de profondeur variable, qui favorise la croissance de plantes aquatiques (macrophytes ou macrohydrophytes). Il peut être naturel ou artificiel. De façon générale, il est :

- peu coûteux à construire et à exploiter,
- efficace et fiable quant à l'épuration,
- tolérant aux variations et aux fluctuations du régime hydrique,
- facile à intégrer dans le paysage,
- souvent une source d'avantages indirects, comme la création d'espaces verts et d'habitats pour la faune.

Il existe trois grands types de marais filtrants : le marais surfacique à flux horizontal, le marais sous-surfacique à flux horizontal et le marais à flux vertical.

Ouvrages de génie végétal

Les ouvrages de génie végétal recourent à l'utilisation de plantes, de parties de celles-ci et de semences pour apporter des solutions à l'érosion mécanique des sols. De tels ouvrages sont fréquemment utilisés pour stabiliser les pentes et les berges.

Phytoremédiation

La phytoremédiation consiste à utiliser des végétaux, et les microorganismes qui leur sont associés, pour éliminer, contenir ou rendre moins toxiques les contaminants environnementaux. Selon les contaminants impliqués et le mode d'élimination retenu, on distinguera cinq différentes catégories de phytoremédiation : phytostabilisation, phytoextraction, phytodégradation, rhizofiltration et phytovolatilisation.

Barrière sonore vivante

Une barrière sonore vivante est une structure comportant un matériau de remplissage (sol ou autre) et des végétaux. La plupart des barrières sonores vivantes existantes font appel aux caractéristiques particulières des saules qui permettent de bouturer de longues tiges.

Dans les barrières sonores vivantes, les longues boutures de 3 à 4,5 m sont plantées verticalement dans deux tranchées parallèles, espacées d'environ 1 mètre de large et profondes de 1 mètre. L'espace entre les deux murs, ainsi constitués, est comblé par de la terre végétale et retenu par des géotextiles. Cette structure branches-sol est solidifiée dans une armature rigide généralement faite en bois et qui assure l'équilibre et la solidité de l'ensemble du mur. Ainsi, les boutures peuvent se développer et, grâce au matériau (sol ou autre) contenu entre les géotextiles, elles forment une structure à la fois esthétique et écologique, qui permet

d'atténuer les nuisances sonores occasionnées par la circulation routière. La barrière doit être de hauteur et de largeur suffisante pour satisfaire aux normes de réduction du bruit. Sinon, elles peuvent être située au sommet d'une butte afin d'atteindre cette hauteur.

Murs végétaux

Les murs végétaux prennent de multiples formes. Il existe, par exemple, des murs classiques revêtus de vignes grimpantes. Ces derniers sont souvent associés à l'image des vieux campus universitaires anglais. Plus récemment, de nouvelles technologies de murs végétalisés se sont développées, notamment des systèmes avec des plaques modulaires.

Ces technologies peuvent être appliquées autant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Dans le contexte climatique du sud du Québec, les murs végétaux extérieurs se limitent à des plantes grimpantes enracinées dans le sol ou dans des bacs. Ces plantes grimpantes ombragent les murs et en réduisent ainsi le réchauffement, atténuent la vélocité du vent et son effet refroidissant, etc.

Haie brise-vent

La haie brise-vent est un ensemble de végétaux existants ou plantés dont la fonction est de réduire l'érosion et l'assèchement du sol produits par l'action du vent. Ce type d'ouvrage permet en outre de contrôler l'accumulation de neige, de réduire les odeurs, de favoriser la pollinisation, etc. Trois facteurs déterminent l'efficacité d'une haie brise-vent : l'angle par rapport aux vents dominants, la hauteur et la porosité du brise-vent.

Toit vert, toiture verte, toiture végétalisée

Un toit vert est constitué d'une toiture classique étanche équipée d'une structure capable de porter les charges supplémentaires, d'une membrane antiracine, d'une couche de drainage, d'un géotextile et d'un substrat de culture (terreau) dans lequel sont implantés les végétaux (Trottier, 2008 ; Nerenberg, 2005).

Systèmes végétalisés de gestion des eaux pluviales

Les systèmes végétalisés de gestion des eaux pluviales ont pour fonction de retenir, d'infiltrer ou d'à filtrer et traiter les eaux pluviales et de ruissellement.

Ces zones de biorétention peuvent se présenter sous forme de bandes filtrantes, d'étangs, de bassins de rétention végétalisés, etc.

Leur utilisation permet de réduire le volume et le débit de pointe des eaux de ruissellement et ainsi de diminuer la fréquence des épisodes de surverses et la pollution des cours d'eau récepteurs. Leur dimensionnement est alors fonction de calculs hydrauliques précis et de capacités épuratoires basées sur des documents officiels du Sétra (Service technique du ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et du logement (MEDDTL). Le Sétra intervient dans le domaine de la route, des ouvrages d'art et des transports.

Bassin tampon végétalisé, Etrechet (36)

Parc de Gros Jacques, Le treport (76), fossés et noues végétalisées : régulation et épuration aux qualités paysagères

PARTIE 1

LES PLANTES ET LA DÉPOLLUTION

1

CHAPITRE 2

L'UTILISATION DE PLANTES DÉPOLLUANTES

DESCRIPTION ET MÉCANISME DE LA PLANTE

Les plantes ont la capacité d'accumuler et d'ingérer certains polluants. Le fonctionnement de la plante peut s'effectuer de deux façons : par la partie aérienne (les tiges, feuilles et fleurs) ou par la partie souterraine (les racines).
Grâce à la partie aérienne, les plantes participent au pompage de produits toxiques de l'air ambiant, et, à l'accumulation de certains produits toxiques après dépôt sur les feuilles de la plante. Tous les polluants n'entreront pas par cette voie. Seuls l'emprunteront les composés très volatils de faible poids moléculaire et souvent solubles dans l'eau (SO_2, NOx, O_3, CO, formaldéhyde, benzène, toluène…). Ces produits sont ensuite métabolisés ou stockés dans la plante.

En ce qui concerne la partie souterraine, les plantes dites **hyper accumulatrice** ont en effet la capacité d'extraire du sol, de l'eau ou de l'air des polluants et de les concentrer dans leurs parties aériennes ou racinaires. Elles sont ensuite récoltées, ôtant ainsi les polluants du sol.

ALLER PLUS LOIN

Grâce à la photosynthèse, les plantes participent au pompage de produits toxiques.
« Thlaspi caerulenscens, par exemple, est capable d'accumuler dans ses parties aériennes des quantités de zinc pouvant représenter 1,7 % de la masse sèche des feuilles » selon l'article « Biodépollution, bioremédiation » de A. Vavasseur, A.Pignol et D.Coves, paru en 2003 dans le n°48 de la revue *Clefs* du CEA. D'autres plantes sont capables de concentrer des quantités importantes de cadmium, de plomb, de nickel…

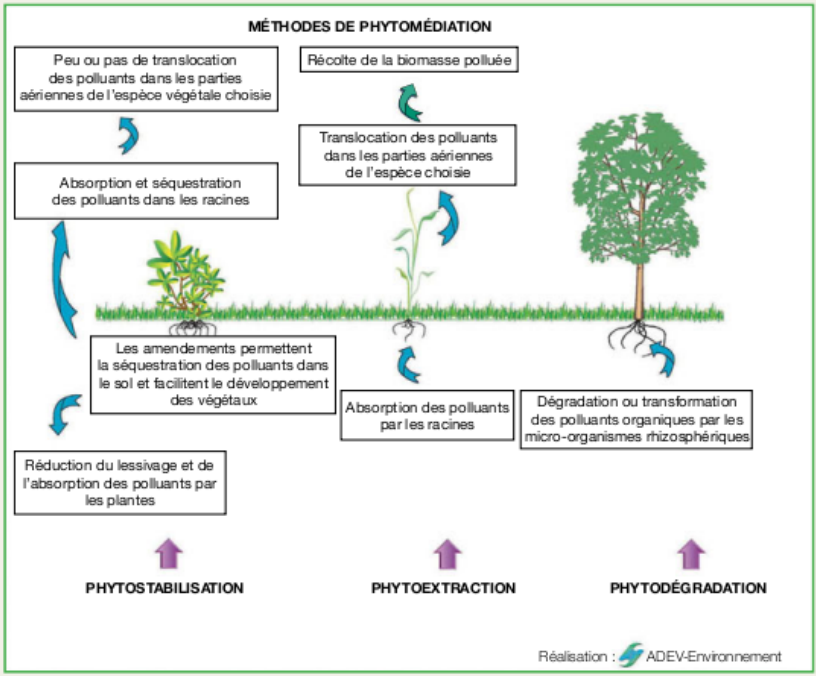
MÉTHODES DE PHYTOREMÉDIATION

Dans le cadre du développement durable, l'application des plantes intéresse de plus en plus les chercheurs et les industriels, en particulier l'utilisation de certains végétaux dits « hyperaccumulateurs ».
En effet, l'utilisation des capacités d'accumulation qu'ont certains végétaux

(herbacées, plantes, arbustes, arbres) permet d'envisager la dépollution de sites, des eaux usées ou de l'air.
L'une des possibilités de décontamination repose sur la phytoremédiation.
La **phytorémédiation** est définie comme l'utilisation de la capacité de certains végétaux à se développer en milieux contaminés, pour le traitement des sols, d'effluents liquides voire gazeux.
Elle offre une alternative de plus en plus fiable, économique et intéressante comparée aux techniques physico-chimiques ou mécaniques plus lourdes et plus chères.

Différentes techniques de traitements sont appliquées par la phytoremédiation, répertoriées sous des noms caractéristiques suivants :
- la phyto-extraction
- la phyto-stabilisation
- la phyto-dégradation
- la phyto-volatisation

La figure suivante décrit le principe de ces méthodes.
Ce qu'il est important de comprendre et de retenir sous cette schématique est le fait que les plantes par leur fonctionnement naturel (absorption de subs-



© Ademe

Description des méthodes de phytoremédiation

tances nutritives, dégradation de ces substances pour les ingérer…) peuvent participer à un véritable rôle écologique dépolluant lorsque ces substances traitées sont nocives pour l'environnement. Ces différents fonctionnements sont effectivement énumérés sous différentes techniques de traitement scientifiques qu'il est nécessaire de comprendre et de développer.

LA PHYTO-EXTRACTION

La **phyto-extraction** consiste à utiliser les plantes pour traiter les sols pollués par les métaux. Or, la pollution des sols par les métaux est l'un des problèmes les plus difficiles à traiter car ces agents chimiques ne sont pas biodégradables. Et pour dépolluer, il faut extraire ces métaux.

Les plantes dites hyperaccumulatrices sont capables d'accumuler plus de 1% de métaux dans leurs tissus. Leur utilisation dans le cadre d'un traitement des sols pollués par phytoextraction se passe en plusieurs étapes successives. Il s'agit de cultiver ces plantes hyperaccumulatrices, les couper, les sécher, les incinérer puis de récupérer les cendres. Ensuite, le rejet est enfoui dans des centres de stockage ou revalorisé suivant la contenance des résidus. La pollution est ainsi concentrée et maîtrisée.

Les points importants du processus sont déclinés de la manière suivante :

© Ademe

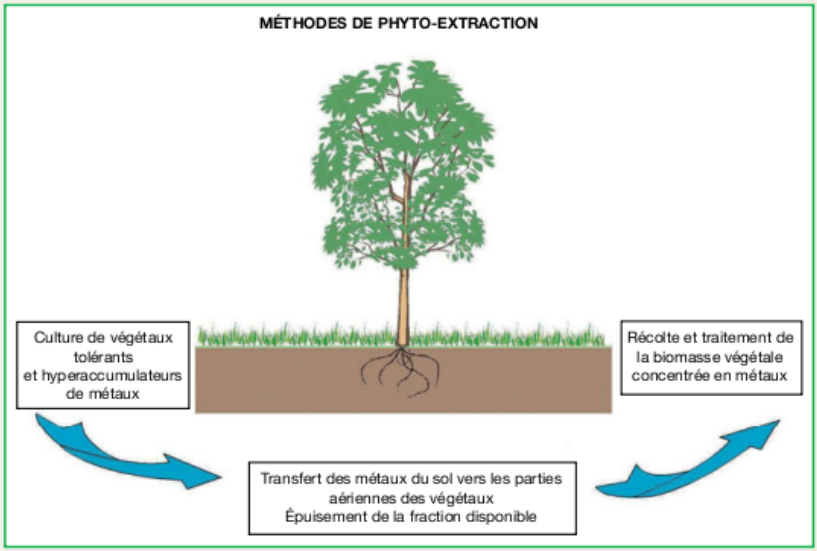


Schéma de principe du traitement des sols pollués par phyto-extraction

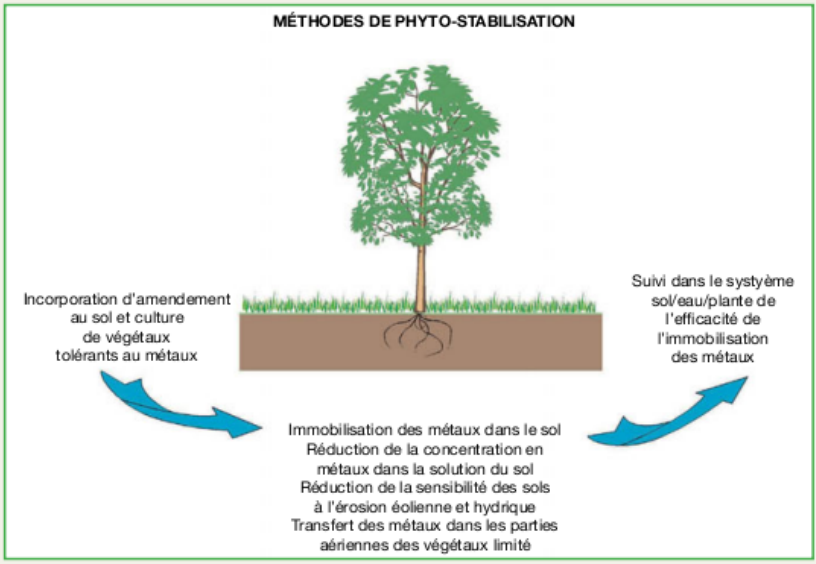
- Extraction par la plante des polluants de l'eau, des sols, des boues et des sédiments
- Translocation dans la plante (racines, tiges, feuilles, fruits)
- Récolte des plantes et incinération ou co-incinération
- Traitement voire valorisation des résidus de traitement (incinération des plantes, traitement des mâchefers, valorisation non alimentaire…)
- Récupération partielle de métaux lourds

LA PHYTO-STABILISATION

La phyto-stabilisation consiste à immobiliser la pollution. Il s'agit d'installer un couvert végétal composé d'espèces qui tolèrent les polluants. La présence de ces plantes permet de réduire les processus d'érosion et de ruissellement de particules porteuses de polluants, ainsi que les processus d'entraînement en profondeur de ces polluants.

La phyto-stabilisation permet :

- la réduction de la mobilité et de la biodisponibilité des polluants : mode de rétention des polluants sur place et admission possible par les plantes,
- la limitation des transferts vers les autres compartiments de l'environnement (nappes, atmosphère),
- la limitation de polluants dans les chaînes alimentaires,
- la diminution du potentiel de dispersion des polluants,



© Ademe

Schéma de principe du traitement des sols pollués par phyto-stabilisation

- la restauration d'une couverture végétale.

LA PHYTO-DÉGRADATION

La phyto-dégradation consiste à accélérer la dégradation des composés organiques polluants (hydrocarbures, pesticides, explosifs...) par la présence de plantes. Cette dégradation peut avoir lieu soit hors de la plante, grâce à l'activité des micro-organismes présents dans l'environnement des racines (rhizosphère), soit dans la plante après absorption du composé puis dégradation dans les cellules.
La phyto-dégradation permet de :

- transformer les polluants par voie métabolique pour diminuer la toxicité,
- intégrer le polluant dans les tissus de la plante,
- diminuer ou éliminer les résidus toxiques en fin de traitement.

LA PHYTO-VOLATISATION

Lors de la phyto-volatilisation, le contaminant est absorbé par les racines puis relâché dans l'atmosphère au niveau des feuilles. Lors de la transpiration, le contaminant peut être relâché dans sa forme originale ou après avoir subi une transformation.
La phyto-volatisation permet :

- l'extraction et le relarguage atmosphérique par évapotranspiration du polluant initial ou transformé par le végétal,

Les résultats sont meilleurs avec des espèces à forte évapotranspiration.

CHAPITRE 3

APPLICATION DES PLANTES DANS LA DÉPOLLUTION

DOMAINES D'APPLICATIONS

L'utilisation de plantes s'effectue pour la dépollution dans trois domaines :

- **Le traitement de l'eau**, dans le cadre de l'assainissement de l'eau. La phytoremédiation sert également à la décontamination d'eaux chargées en matière organique ou en contaminants divers (métaux, hydrocarbures, pesticides).
- **le traitement du sol, dans le cadre de la dépollution de site pollué pour la réhabilitation.** Cette technique est utilisée pour décontaminer biologiquement les sols pollués par des métaux et métalloïdes, pesticides, solvants, explosifs, pétrole brut et ses dérivés, radionucléides et contaminants divers.
- **le traitement de l'air intérieur par des plantes dépolluantes.** Les plantes peuvent ainsi traiter divers polluants, les nitrates, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), métaux lourds…

Toutefois, même si les procédés ont l'air efficace, comme tout système vivant, il faut admettre des limites car les végétaux sont en relation directe avec le climat et certains paramètres peuvent influencer leurs capacités épuratrices.

LE TRAITEMENT DE L'EAU

L'utilisation des plantes peut servir pour l'épuration de l'eau. En effet, certaines plantes macrophytes peuvent suppléer un traitement classique d'assainissement des eaux usées et pluviales. L'assainissement des eaux par lagunage ou par lit à macrophytes est un moyen naturel alternatif.
L'utilisation des plantes peut également servir pour le traitement des pesticides.

LES PLANTES UTILISÉES

Les principales plantes pour le traitement des eaux sont des plantes macrophytes, des plantes aquatiques de grandes tailles. Les macrophytes sont sensibles à la qualité de l'eau et du sédiment. La présence, la prolifération ou au contraire la disparition d'espèces de macrophytes indiquent des niveaux de pollution différents. Ces espèces variées de plantes aquatiques vont

fournir l'oxygène nécessaire aux bactéries pour dégrader la pollution au niveau des racines.
Pour l'exemple d'une station d'épuration à lit de macrophytes, le roseau « phragmite australis » est la plante la plus efficace, utilisé généralement dans le premier bassin.
Ces roseaux consomment les composés polluants dissous dans l'eau (azote et phosphore), qui constituent pour eux des éléments nutritifs. Par ailleurs, ils servent de supports à de nombreux organismes microscopiques (algues et bactéries) qui effectuent en majorité le traitement des eaux.

Ensuite peut s'ajouter un second bassin d'iris des marais auquel succède pour affiner un dernier bassin, composé de massette, jonc, laîche, menthe, saule...
Pour traiter les pesticides (par exemple le diméthomophe, le pyriméthanil, l'isoproturon, glyphosate) certaines plantes sont plus efficaces que d'autres.
Les espèces de plantes retenues pour traiter quelques pesticides se trouvent dans le tableau ci-dessous issu de la Thèse Olette R. en 2008 : « Phytoremédiation d'eaux contaminées par des pesticides : tolérance et capacité d'élimination par des plantes aquatiques ».

Plantes aquatiques pour dépolluer l'eau chargée en pesticides

Macrophytes		Masse sèche par m²	Extraction (mg/L) de diméthomorphe	Performance
Genre	Famille			
Lemna	Lemnaceae	0,8 kg	38,4	Bonne
Spirodela	Araceae	1,1 kg	23,1	Bonne
Callitriche	Callitrichaceae	3,3 kg	46,6	Moyenne

Le tableau c-dessus montre que la Callitriche palustris présente une capacité à piéger 3,3 kg de Masse Sèche par m² de diméthomorphe, alors que la Lemna minor n'en absorbe que 0,8 kg.
Les principales macrophytes susceptibles de traiter les eaux sont exposées dans le tableau de la page 23.

ELÉMENTS TRAITÉS

Les plantes participent à la dégradation de la matière organique, des effluents, des pesticides, du phosphate ou de certains métaux lourds. Certaines plantes participent à l'oxygénation de l'eau.

CONDITION D'IMPLANTATION

Le choix des plantes épuratrices doit s'effectuer suivant la nature du sol et le type de climat. Certaines plantes s'implantent sur tout type de sol, tandis que d'autres ont besoin d'un sol riche et humide. Le tableau de la page 23 pré-

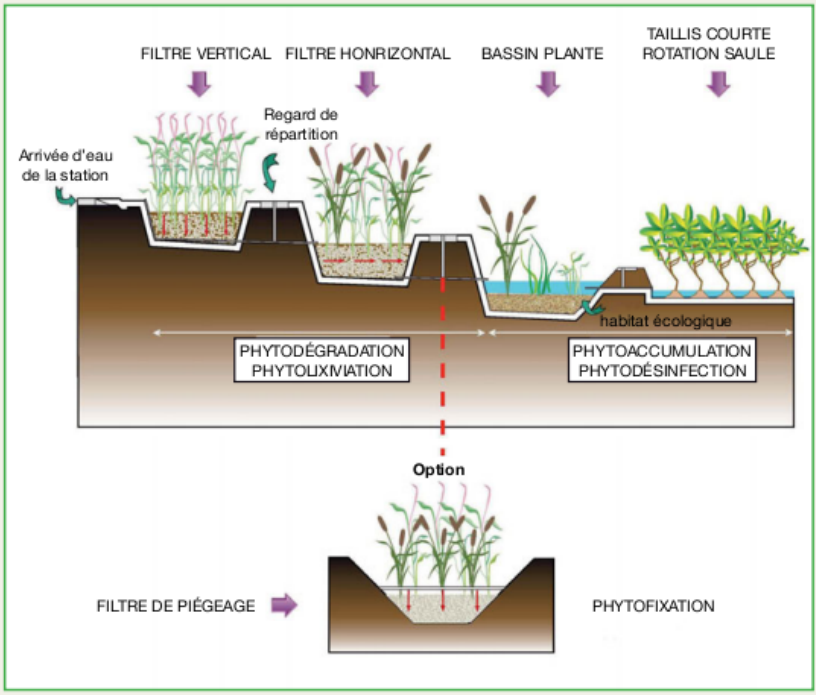
sente une liste de plantes utilisées dans le traitement de l'eau et expose les différents types de sol à choisir suivant la plante utilisée.

EFFICACITÉ DE LA PLANTE

Les plantes aquatiques les plus utilisées sont les systèmes composés de roseau « phragmite australis », de typha latifolia ou de bambou car ces plantes présentent de bonnes caractéristiques épuratrices et sont faciles à mettre en œuvre. L'efficacité du traitement de l'eau résulte de la complémentarité de plusieurs plantes permettant ainsi de traiter les divers polluants.

APPLICATION DES PLANTES DANS LE TRAITEMENT DE L'EAU

Hormis le traitement de l'eau naturelle, le système peut aussi s'appliquer dans le traitement des eaux usées.
Quelques bureaux d'études et entreprises se sont lancés dans la phytoremédiation notamment Phytorestore.



Coupe du jardin filtrant pour l'eau

Il existe des procédés qui utilisent **des jardins filtrants** de macrophytes aquatiques, en grande majorité composé de roseaux, pour traiter les eaux usées (élimination des charges organiques, de l'azote, du phosphore, désinfection des germes, bio-dégradation de nouvelles molécules…).
En plus de leur efficacité en complément des stations d'épuration, ils peuvent constituer de véritables jardins publics paysagers qui participent au maintien ou à la reconstitution de milieux humides diversifiés avec une faune et une flore spécifiques.
La figure 4 page précédente décrit le fonctionnement d'un jardin filtrant pour l'eau.

ATTENTION…

… à l'invasion de certaines espèces végétales, se renseigner auprès d'un botaniste.

Principales plantes utilisées pour le traitement des eaux

Les principales macrophytes susceptibles de traiter les eaux sont répertoriées ainsi :
– Nénuphar
– Menthe poivrée
– Sauge bleue
– Thalia
– Massettes
– Bambou
– Carex à épis pendants
– Carex pendula
– Epilobe hirsute
– Iris d'eau
– Rosea
– Menthe aquatique
– Prêle d'hiver
– Joncs du chaisier
– Reine des prés
– Jacinthe d'eau

Plantes susceptibles de dépolluer l'eau

Ci-dessous voici les principales plantes susceptibles d'accumuler et de traiter certains éléments, ainsi que leurs conditions d'implantation

Plantes - Traitement de l'eau			Capacité-rôle	Conditions d'implantation	
Nom commun	Nom latin	Famille		PH du sol	Composition du sol
herbes aux écouvillons	pennisetum alopecuroides	Poaceae	déphosphatante	acide, neutre, alcalin	sec ou frais, drainé, neutre ou pauvre
mélique ciliée	melica ciliata	Poaceae	dépollue l'azote et du phosphore	neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux
seslérie bleue	sesleria caerulea	Poaceae	dépollue l'azote, du phosphore et assure une désinfection	acide, neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux, riche en humus
cheveux d'Ange	stipa tenuifolia	Poaceae	dépollue les métaux lourds, de l'azote, du phosphore et assure une désinfection	acide, neutre	tous sols secs et drainés, même pauvres et caillouteux
stipa géante	stipa gigantea	Poaceae	dépollue l'azote, le phosphore	acide, neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux, terre de bruyère, riche en humus
roseau	phragmites australis	Poaceae	permet une épuration par filtration, favorise le développement des micro-organismes qui participent à la dégradation des hydrocarbures et à la précipitation des métaux lourds sous formes oxydés	neutre	tout type de sol inondé, humide
massette à larges feuilles	typha latifolia	Typhaceae	effectue une sédimentation, dépollue les polluants riche en sol et en hydrocarbures et les métaux lourds	acide, neutre, alcalin	tout type de sol humide
bambou	bambusa	Poaceae	dépollue l'azote et le phosphore	acide, neutre, alcalin	léger, drainé, frais
molinie bleue	molina caerulea»variegata»	Poaceae	dépollue le phosphore et assure une désinfection	neutre	frais à humide, pas trop calcaire
miscanthus sacchariflorus	miscanthus sacchariflorus	Poaceae	dégrade les matières en suspension (MES), dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide, neutre, alcalin	normal, sableux
hakonechloa macra «aureola»	hakonechloa macra «aureola»	Poaceae	dépollue l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide, neutre, alcalin	normal, sableux, riche en humus

mélique géante	melica altissima	Poaceae	dépollue l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide, neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux
pennisetum advena «rubrum»	pennisetum advena «rubrum»	Poaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote	acide, neutre, alcalin	pas trop sec à frais
luzule blanche	luzula nivea	Juncaceae	déphosphatante	acide	pas trop sec à frais
glycérie	glyceria maxima	Poaceae	dépollue l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide,neutre , alcalin	normal, argileux, calcaire, terre de bruyère, riche en humus
panic érigé	panicum virgatum	Poaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide, neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux, terre de bruyère, riche en humus
impérata cylindrique, paillote	imperata cylindrica «rubra»	Poaceae	déphosphatante	acide, neutre, alcalin	normal, sableux, riche en humus
roseau de Chine «zebrinus»	miscanthis sinensis «zebrinus»	Poaceae	dégrade les MES, dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection		normal
fétuque bleue	festuca glauca	Poaceae	dépollue l'azote, le phosphore	neutre, acide, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux
roseau de Chine «Grasiella»	miscanthus sinensis «grasiella»	Poaceae	dégrade les MES, dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	neutre, acide, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux, terre de bruyère, riche en humus
carex à épis pendants	carex pendula	Cyperaceae	dépollue l'azote, le phosphore	neutre, acide, alcalin	normal, riche en humus
phormium	phormium	Phormiaceae	dépollue l'azote, le phosphore	neutre	riche, drainé
laîche noire	carex nigra	Cyperaceae	dépollue l'azote, le phosphore	acide	frais à inondé
iris de sibérie	iris sibirica	Iridaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	acide, neutre	riche et humide
iris des marais	iris pseudoacorus	Iridaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	neutre	normal
lysimaque commune	lysimacia	Primulaceae	Déphosphatante	neutre	normal, riche en humus
salicaire	lythrum salicaria	Lythraceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	neutre	normal, sableux

astilbe	astilbe spp	Saxifragaceae	Déphosphatante	neutre	riche en humus, bien drainé
agapanthe	agapanthus	Liliaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	neutre, alcalin	normal, calcaire, sableux, riche en humus
jonc diffus	juncus effusus	Juncaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection	neutre, alcalin	terre de bruyère, riche en humus
lobelia	lobelia spp	Lobeliaceae	dépollue les hydrocarbures et les métaux lourds	neutre	riche et humide
ligulaire	ligularia japonica	Asteraceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection bactériologique	neutre	frais et humide
laîche élevée	carex elata	Cyperaceae	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection bactériologique	acide	frais à inondé
myriophylle	Myriophyllum aquaticum	Halorragidaceae	Oxygénante	neutre	humifère
nénuphar	nymphaea	Nymphéaceae	Oxygénante	neutre	riche

LE TRAITEMENT DU SOL

DESCRIPTION

La phytoremédiation semble être une solution pour dépolluer certains sites. L'utilisation de plantes peut intervenir dans la réhabilitation de sites contaminés par des polluants organiques et inorganiques, des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Zinc) ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

LES PLANTES UTILISÉES

Certaines plantes herbacées comme la fétuque (F. arundinacea), la moutarde indienne (B. juncea), mais aussi des plantes arbustives comme le saule (S. viminalis), sont utilisées pour capter les métaux lourds et dépolluer les sites contaminés. D'autres plantes comme Thlaspi caerulenscens, Aradopsis halleri et Lantana camera ont également un fort taux d'extraction des métaux lourds. La Lantana camera a en outre la capacité d'accumuler du plomb.

ALLER PLUS LOIN

La Lantana camera : plante accumulatrice en plomb
La Lantana camera est une plante qui possède les caractéristiques requises pour être utilisé en phytoremédiation dans le traitement les sols pollués en plomb (Diep thi My Hanh, E. Garnier Zarli, 2007), soit :

- **une capacité d'accumulation en Plomb de plus de 10 000 ppm et une forte accumulation en Plomb dans les racines**
- **une croissance et un développement rapide qui fournit une grande biomasse**
- **une démarche d'intégration paysagère**

Les différentes plantes présentant des capacités d'accumulation se trouvent en annexe.

ÉLÉMENTS TRAITÉS

Ces plantes ont la capacité d'extraire certains métaux lourds comme le zinc, le plomb ou le cuivre mais aussi les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans leurs feuilles, leurs tiges et leurs racines.
Le tableau ci-contre provient d'une expérience de 2002 réalisée au Canada par Inspec-sol (Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation de sites, 2004).

Plantes captant les métaux lourds

Plante - Traitement du sol			Séquestration des métaux dans les tissus (mg/kg)			Quantités de métaux retirés (kg/ha)		
Nom commun	Nom Latin	Famille	Cuivre	Plomb	Zinc	Cuivre	Plomb	Zinc
saule	salix viminalis	Salicaceae	40	36	339	0,33	0,3	2,79
fétuque	festuca arundinacea	Poaceae	29	17	1824	0,09	0,06	5,86
moutarde indienne	brassica juncea	Brassicaceae	162	178	998	2,17	2,39	13,36

Le tableau ci-dessus montre que la moutarde indienne présente une forte capacité à séquestrer des métaux dans les tissus (62 mg par kg de cuivre, 178 mg par kg de plomb, 998 mg par kg de zinc), alors que le saule et la fétuque ne présentent qu'une capacité à séquestrer le zinc dans les tissus : 1824 mg par kg pour la fétuque, ce dernier étant le plus fort taux de séquestration du zinc.
De plus, ce tableau nous indique que la moutarde indienne a également la meilleure extraction de quantités de métaux retirés (2,17 kg par hectare de cuivre, 2,39 kg par hectare de plomb, 13,36 kg par hectare de zinc), alors que le saule et la fétuque ne présentent que des taux d'extraction de quantités de zinc retiré : 2,79 kg par hectare de zinc pour le saule et 5,86 kg par hectare de zinc pour la fétuque.
D'autres plantes dites hyperaccumulatrices sont intéressantes pour leur capacité à extraire certains métaux lourds. Alyssum murale a un taux d'extraction supérieur à 3 % en matière sèche de nickel.

Il a été estimé que Thlaspi caerulescens avait la capacité d'extraire :

- 34 kg/ha de Zinc (Zn)
- 0.16 kg/ha de Cadmium (Cd)
- 0.25 kg/ha de Nickel (Ni)
- 0.22 kg/ha de Plomb (Pb)
- 0.4 kg/ha de Cuivre (Cu)
- 0.27 kg/ha de Chrome (Cr)

ALLER PLUS LOIN

Les résultats ci-contre sont extraits de l'étude *Research note: Bioavailability of copper in cupric oxide*, Baker et al, 1991 et des expériences menées par Mc Grath et Dunham en 1997.

De plus, des expériences réalisées sur des sites contaminés en métaux lourds ont montré que Thlaspi caerulenscens était capable d'extraire 150 grammes par hectare (g/ha) de métaux lourds et que Arabidopsis halleri avait un taux d'extraction de 34 g/ha.

CONDITION D'IMPLANTATION

Le choix de plantes épuratrices doit s'effectuer suivant la nature du sol et le type

de climat. Certaines plantes poussent sur tout type de sol, tandis que d'autres ont besoin d'un sol riche et humide. Le tableau « Principales plantes accumulatrices d'éléments traces », ci-contre, présente une liste de plantes utilisées dans le traitement du sol.

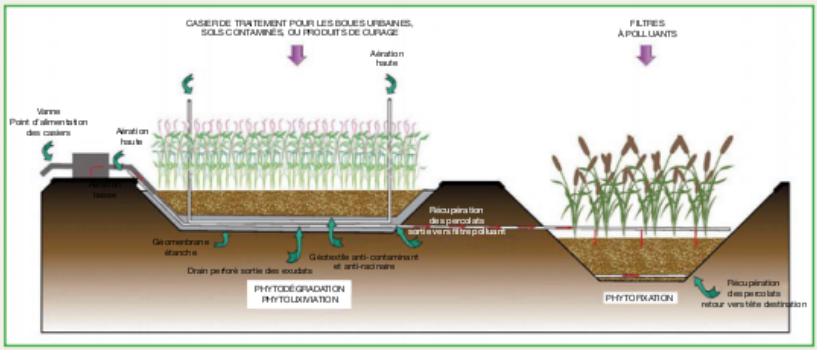
EFFICACITÉ DE LA PLANTE

Les plantes les plus efficaces reconnues sont le Thlaspi caerulescens, l'Arabidopsis halleri, Brassica Juncea car elles présentent des forts taux d'extraction de métaux lourds. Des études sont en cours sur ces différentes plantes pour comprendre le mécanisme d'accumulation dans les tiges, les racines et les feuilles et pour connaître les différents taux d'accumulation.

APPLICATION DES PLANTES DANS LE TRAITEMENT DU SOL

Pour le traitement des polluants du sol, il existe des jardins filtrants composés majoritairement de typha. Les typha biodégradent très bien les produits pétroliers, les composés aromatiques polycycliques et les composées chlorés, et également dans les métaux lourds, l'excès de demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique sur cinq jours (DBO5).
La figure n°5 décrit un jardin filtrant pour le sol.

© Ademe



Coupe d'un jardin filtrant pour le sol

Principales plantes accumulatrices d'éléments traces

Ci-dessous sont répertoriées les principales plantes accumulatrices de métaux lourds, HAP.

Plantes - Traitement du sol			Capacité-rôle	Conditions d'implantation	
Nom commun	Nom latin	Famille		PH du sol	Composition du sol
colza	brassica napus	Brassicaceae	tolère et accumule les métaux lourds, sélénium, cuivre, cadmium, zinc	neutre	tout type de sol
avoine	avena sativa	Poaceae	tolère et accumule les métaux lourds, sélénium, nickel, cuivre, cadmium, zinc	neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux
orge	hordeum vulgare	Poaceae	tolère et accumule les métaux lourds, sélénium, cuivre, cadmium, zinc	neutre	tout type de sol
panic raide alamo	panicum virgatum	Poaceae	diminue la teneur en nitrate et dégrade les résidus de l'herbicide atrazine	acide, neutre, alcalin	normal, argileux, calcaire, sableux, terre de bruyère, riche en humus
fétuque élevée	festuca arundinacea	Poaceae	métaux lourds (Zn, Pb, Cu) et des hydrocarbures aromatiques polycyliques (HAP)	neutre	normal, argileux
saule «Osier des vanniers»	salix viminalis	Salicaceae	métaux lourds (Zn, Pb, Cu) et des hydrocarbures aromatiques polycyliques (HAP)	neutre	normal, argileux
moutarde indienne	brassica juncea	Brassicaceae	métaux lourds (Zn, Pb, Cu) et des hydrocarbures aromatiques polycyliques (HAP)	acide, neutre	tout type de sol
tabouret bleuatre	thlaspi caerulescens	Brassicaceae	hyperaccumulatrice de Zn et de Cd	acide, neutre	tout type de sol
arabette	arabidopsis halleri	Brassicaceae	hyperaccumulatrice de Zn et de Cd	acide, neutre, alcalin	tout type de sol
arabette de Haller	cardaminopsis halleri	Brassicaceae	hyperaccumulatrice de Zn et de Cd	acide, neutre, alcalin	tout type de sol
pensée calaminaire	viola calaminaria	Violaceae	hyperaccumulatrice de Zn	acide, neutre, alcalin	tous type de sol
maïs	zea mays	Poaceae	accumulatrice de Pb	acide, neutre	frais, fertile
tournesol	helianthus annus	Asteraceae	accumulatrice de Pb	neutre, alcalin	ordinaire, profond, riche
berkheya codii	berkheya codii	Asteraceae	accumulatrice de Ni	acide, neutre	tous type de sol
arabette des dames	arabidopsis thaliana	Brassicaceae	accumulatrice de mercure	acide, neutre	tous type de sol
ibéris intermédiaire	iberis intermedia	Brassicaceae	accumulatrice de thallium	acide, neutre, alcalin	tous type de sol
armérie maritime	armeria maritima	Plombaginaceae	accumulatrice de Zn, Cd, Cu et Pb	acide, neutre	tous type de sol
agrostide commune	agrostis tenuis	Poaceae	accumulatrice de Zn, Cd, Cu et Pb	acide, neutre	tous type de sol

LE TRAITEMENT DE L'AIR INTÉRIEUR

DESCRIPTION

L'air intérieur dans nos habitats nécessite également un traitement pour purifier et agir sur les différents polluants pouvant être nocifs voire cancérigènes pour l'homme.

Nous passons chaque jour, près de 22 heures sur 24 dans des locaux clos ou semi-clos. Les matériaux qui composent notre habitation (peintures, papiers peints…) mais aussi, les meubles et autres produits notamment ménagers que nous utilisons, influent sur la qualité de l'air selon de nombreuses études

L'air que nous respirons à l'intérieur est 5 à 10 fois plus pollué que l'air extérieur.

(Observatoire de la qualité de l'air intérieur, UFC Que Choisir…).

Différentes études réalisées par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur ont montré que l'air intérieur était plus pollué que l'air extérieur.

Les plantes grâce à leurs capacités d'absorption ont ainsi leur place dans les traitements pour assainir l'air intérieur. Sur ce sujet, de nombreux ouvrages s'attachent à décrire et présenter une liste de plantes capables de respecter ces fonctions dépolluantes.

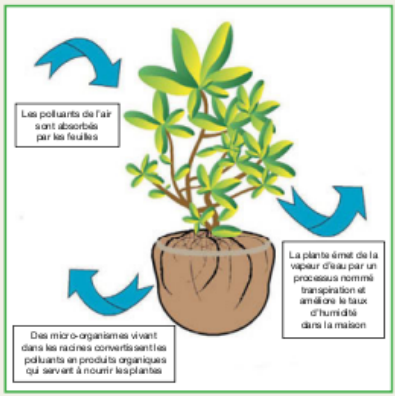
Les premières recherches sur les plantes dépolluantes qui purifient l'air intérieur datent de 1974. Elles sont à l'initiative de la Nasa et réalisées par le Docteur Wolverton.

Suite à ces recherches, des études publiées en 1984 par la Nasa ont démontré l'efficacité des plantes sur l'air et notamment sur les composés organiques volatils (COV) comme le benzène, l'ammoniac, le formaldéhyde…

De nos jours, des recherches sur les capacités des plantes dépolluantes se poursuivent notamment en France par l'intermédiaire du programme Phytair, financé par l'Ademe et mené en collaboration avec la Faculté de Pharmacie de Lille et le Centre scientifique et technique de bâtiment.

ATTENTION

La partie à l'intérieur de cet ouvrage consacrée à ce sujet se veut synthétique où un nombre restreint mais essentiel de plantes seront étudiées.



© Ademe

L'action dépolluante des plantes dans la maison

ÉLÉMENTS TRAITÉS

Ces plantes ont comme caractéristique de diminuer la pollution de l'air intérieur en absorbant différents éléments nocifs composés en grandes parties de composés organiques volatils (COV).

D'après la directive européenne du 11 mars 1999, relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations, les composés organiques et les composés organiques volatils sont définis comme :

- **composé organique :** concerne « tout composé contenant au moins un élément de carbone et un ou plusieurs des éléments suivants : hydrogène, halogène, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote, à exception des oxydes de carbones et des carbonates et bicarbonates inorganiques ».
- **composé organique volatil (COV) :** concerne « tout composé organique ayant une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus à une température de 293,15 K ou ayant une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières. Aux fins de la directive, la fraction de créosote qui dépasse cette valeur de pression de vapeur de 293,15 K est considérée comme un COV ».

Ci-dessous sont décrites les principales sources ainsi que leurs polluants.

Principales sources et polluants

SOURCES	Détergents et Solvants	Colles et Adhésifs	Meubles	Moquettes	Plastiques	Peintures	Cigarette – appareil de chauffage à gaz, charbon
POLLUANTS	Formaldéhyde	Formaldéhyde	Formaldéhyde	Formaldéhyde	Benzène	Formaldéhyde	Formaldéhyde
	Trichloréthylène	Xylène	PCP*			Xylène	Monoxyde de carbone
	Xylène	Toluène					Ammoniac

*PCP : pentachlorophénol

Quelques polluants, leurs origines et impacts sur la santé

Polluants	Origines	Effet sanitaire potentiel
Formaldéhyde	Panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, émissions des livres et des magazines neufs, tissus d'ameublement, peintures à phase solvant, fumée de tabac, photocopieurs	Classé cancérigène probable chez l'homme par le Centre international de Recherche sur le Cancer
Benzène	Combustion, vapeurs d'essence, fumée de tabac, produits de bricolage, ameublement, produit de construction et de décoration, combustion d'encens	Classé cancérigène chez l'homme par le Centre international de Recherche sur le Cancer

Styrène	Matières plastiques, matériaux isolants, carburants, fumées de cigarettes	Classé cancérigène possible chez l'homme par le Centre international de Recherche sur le Cancer
Monoxyde de carbone	Substance issue d'une combustion incomplète (appareils de chauffage et de production d'eau chaude)	Impact cardiovasculaire
Toluène	Peintures, vernis, colles, encens, moquettes, tapis, vapeur d'essence	Neurologique
Trichloréthylène	Peintures, vernies, colles, encens, moquettes, tapis, vapeur d'essence	Classé cancérigène possible chez l'homme Centre international de Recherche sur le Cancer

Source : Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

Quelques polluants et leurs origines à l'intérieur d'un bâtiment

Origine des polluants à l'intérieur d'un bâtiment	Polluants
Bois de construction	Lindane
Isolants	Benzène Toluène
Meubles en bois aggloméré	Formaldéhyde
Meubles cirés	Benzène
Moquettes et tapis	Formaldéhyde Benzène Toluène
Parquet stratifié	Formaldéhyde
Colles et adhésifs	Formaldéhyde Xylène Toluène
Papier peint et tissus muraux	Formaldéhyde
Linge nettoyé à sec	Trichloréthylène
Plastique	Benzène
Produits d'entretien	Formaldéhyde Ammoniac Benzène Xylène
Dégraissants pour pièces en métal, pesticides	Trichloréthylène
Détergents et solvants	Formaldéhyde Trichloréthylène Xylène
Parfums d'ambiance	Formaldéhyde Benzène Xylène
Vernis à ongles	Formaldéhyde

Cigarettes	Formaldéhyde Ammoniac Benzène Xylène Monoxyde de carbonne
Cheminée, poêle à bois, gazinière, chauffe-eau, chauffage d'appoint	Monoxyde de carbonne
Feutre, marqueur, encre, photocopieur, imprimante	Xylène
Appareil électriques, ordinateurs, fours à micro-ondes	Ondes électromagnétiques

LES PLANTES À UTILISER EN FONCTION DE CHAQUE PIÈCE

Un certain nombre de plantes ont ainsi été recensées et testées par ces différentes études. Cependant, chaque plante a un pouvoir épurateur différent suivant l'espèce et le polluant traité. La plupart des plantes ne sont efficaces que pour un seul polluant.

Certaines plantes possèdent la capacité de dépolluer l'air et en associant plusieurs espèces comme le Dracanea, le Chlorophytum et le Nephrolepsis. Vous pourrez lutter contre un large éventail de substances néfastes.

On considère qu'une plante permet de dépolluer 10 m^2 de surface habitée.

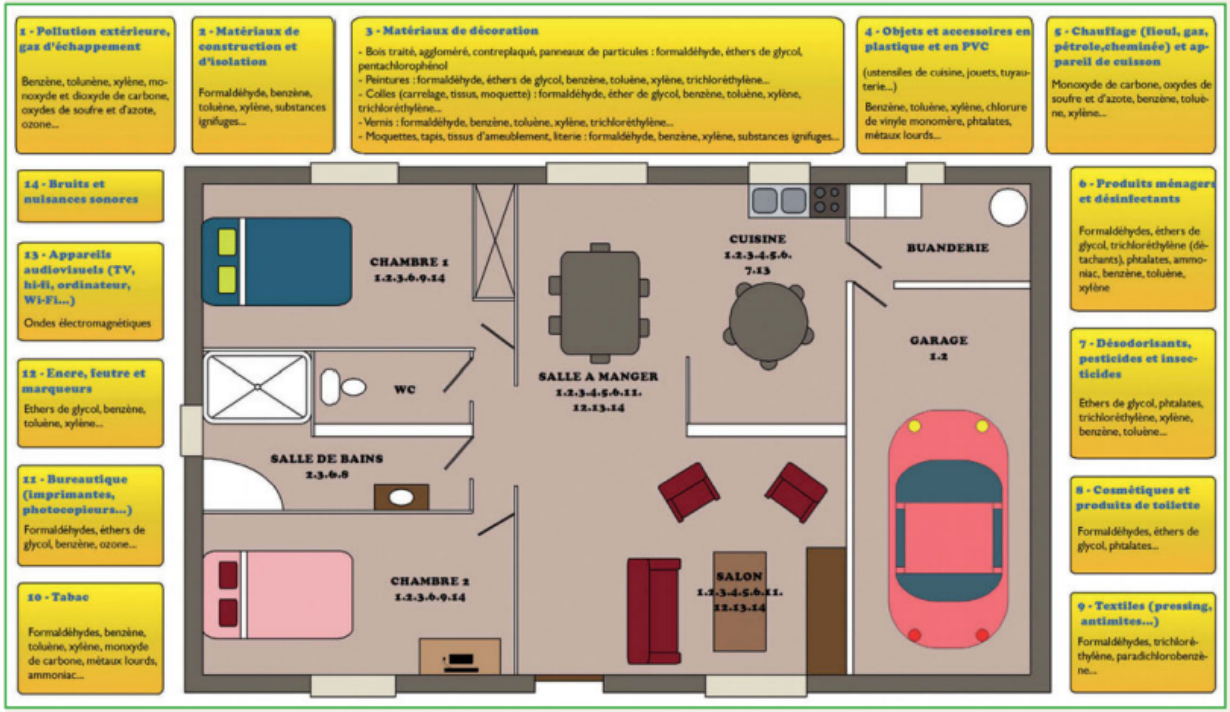
Depuis 20 ans, les scientifiques sont formels : certaines plantes d'intérieur comme l'Aloe Vera, le Philodendron, le Lierre, le Ficus... s'avèrent être des agents de dépollution efficaces.

Les plantes les plus efficaces pour dépolluer l'air sont :
- **l'Aloe Vera et le Philodendron qui éliminent respectivement 90% et 86% du formaldéhyde.**
- **Le Philodendron élimine le pentachlorophénol.**
- **L'Azalée élimine quant à elle l'ammoniac,**
- **le Chrysanthème élimine le trichloréthylène,**
- **le Chlorophytum élimine le monoxyde de carbone,**
- **le Lierre élimine le benzène.**

Selon les dernières mesures réalisées en laboratoire :
- **l'Aglaonema neutralise 48 % du benzène et 92 % du toluène,**
- **l'Aracaena marginata 78 % du benzène et 60 % du formaldéhyde,**
- **la Sansevieria 53 % du benzène...**

Un tableau de synthèse permet de choisir chaque espèce très rapidement en fonction de différents paramètres (voir figure page suivante).

Il est évident que chaque pièce de la maison, du bureau... possède une fonction différente avec une conception et une vocation définie en fonction de nos attentes. Ces pièces peuvent donc accueillir plusieurs variétés de plantes dépolluantes en fonction des caractéristiques souhaitées et de l'architecture de chaque pièce.



Les facteurs de pollution et les plantes dépolluantes pour chaque espace de la maison

Liste des plantes dépolluantes pour les escaliers

Aglaonéma	Aglaonema commutatum
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Figuier pleureur	Ficus benjamina
Philodendron grimpant	Philodendron scandens
Poinsettia	Euphorbia pulcherrima
Yucca	Yucca elephantipes

Liste des plantes dépolluantes pour les entrées

Aglaonéma	Aglanonema commutatum
Arbre-ombrelle	Schefflera actinophylla
Bégonia à fleurs	Begonia xhiemalis
Cactus de Nöel	Schlumbergera truncata
Caoutchouc	Ficus elastica
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Dracaena « Warneckii »	Dracaena deremensis « Warneckii »
Faux dattier	Phoenix roebelenii
Figuier lyre	Ficus lyrata
Gerbéra	Gerbera jamesonii
Kentia	Howea forsteriana
Maranta	Maranta leuconeura
Palmier nain	Chamaedorea elegans
Phalangère	Chlorophytum comosum
Philo	Monstera deliciosa
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Philodendron grimpant	Philodendron scandens
Philodendron « oreilles d'élephant »	Philodendron domesticum ou Philodendron tuxla
Philodendron rouge	Philodendron erubescens
Pin de Norfolk	Araucaria heterophylla
Poinsettia	Euphorbia pulcherrima
Rhapis	Rhapis excelsa
Tulipe	Tulipa gesneria
Vase d'argent	Aechmea fasciata
Vigne du Natal	Cissus rhombifolia
Yucca	Yucca elephantipes

Liste des plantes dépolluantes pour les chambres

Fougère de Boston	Nephrolepis exalta « Bostoniensis »
Fougère Kimberly Queen	Nephrolepis obliterata
Fougère nid d'oiseau	Asplenium nidus
Gerbéra	Gerbera jamesonii
Kalanchoé	Kalanchoe blossfeldiana
Langue-de-belle-mère	Sansevieria trifasciata
Lierre commun	Hedera helix
Maranta	Maranta leuconeura
Orchidée dendrobium	Dendrobium sp
Palmier bambou	Chamaedorea seifrizii
Palmier nain	Chamaedorea elegans
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Philodendron « oreilles d'élephant »	Philodendron domesticum ou Philodendron tuxla
Rhapis	Rhapis excelsa
Vigne du Natal	Cissus rhombifolia

Liste des plantes dépolluantes pour le salon

Aloé vera	Aloe barbadensis
Arbre de Jade	Crassula ovata
Arbre-ombrelle	Schefflera actinophylla
Bananier nain	Musa cavendishii
Beaucarnéa	Beaucarnea recurvata
Bégonia à fleurs	Begonia x hiemalis
Cactus cierge	Cerceus peruvianus
Cactus de Noël	Zygocactus truncatus
Caoutchouc	Ficus elastica
Chrysanthème	Chrysanthemum morifolium
Croton	Cadiaeum variegatum
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Dieffenbachia séguine	Dieffenbachia séguine
Dracaena fragnant	Dracaena fragnans
Dracaena « Janet Craig »	Dracaena deremensis « Janet Craig »
Dracaena « Warneckii »	Dracaena deremensis « Warneckii »
Dragonnier de Madagascar	Dracaena marginata
Faux dattier	Phoenix roebelenii

Figuier à feuilles de sabre	Ficus maclellandii « Alii »
Figuier lyre	Ficus lyrata
Figuier pleureur	Ficus benjamina
Fleur de lune	Spathiphyllum wallisii
Fougère de Boston	Nephrolepis exalta « Bostoniensis »
Fougère Kimberly Queen	Nephrolepis obliterata
Fougère nid d'oiseau	Asplenium nidus
Gerbéra	Gerbera jamesonii
Kalanchoé	Kalanchoe blossfeldiana
Kentia	Howea forsteriana
Langue-de-belle-mère	Sanseviera trifasciata
Lierre commun	Hedera helix
Maranta	Maranta leuconeura
Orchidée dendrobium	Dendrobium sp
Palmier d'Arec	Chrysalidocarpus lutescens
Palmier bambou	Chamaedorea seifrizii
Phalangère	Chlorophytum comosum
Philo	Monstera deliciosa
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Philodendron grimpant	Philodendron scandens
Philodendron « oreilles d'élephant »	Philodendron domesticum ou Philodendron tuxla
Pin de Norfolk	Araucaria heterophylla
Plante-paon	Calathea makoyana
Poinsettia	Euphorbia pulcherrima
Pothos	Scindapsus aureus
Rhapis	Rhapis excelsa
Tulipe	Tulipa gesneria
Vase d'argent	Aechmea fasciata

Liste des plantes dépolluantes pour la cuisine

Anthurium	Anthurium scherzerianum
Arbre de Jade	Crassula ovata
Azalée de l'Indre	Rhododendron simsii
Beaucarnéa	Beaucarnea recurvata
Cactus cierge	Cerceus peruvianus
Chrysanthème	Chrysanthemum morifolium
Croton	Cadiaeum variegatum
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Dracaena fragnant	Dracaena fragnans
Dragonnier de Madagascar	Dracaena marginata
Figuier à feuilles de sabre	Ficus maclellandii « Alii »
Fleur de lune	Spathiphyllum wallisii
Fougère de Boston	Nephrolepis exalta « Bostoniensis »
Fougère Kimberly Queen	Nephrolepis obliterata
Fougère nid d'oiseau	Asplenium nidus
Langue-de-belle-mère	Sanseviera trifasciata
Palmier d'Arec	Chrysalidocarpus lutescens
Palmier nain	Chamaedorea elegans
Phalangère	Chlorophytum comosum
Philodendron rouge	Philodendron erubescens
Rhapis	Rhapis excelsa
Tulipe	Tulipa gesneria
Yucca	Yucca elephantipes

Liste des plantes dépolluantes pour la salle de bains

Aglaonéma	Aglaonema commutatum
Anthurium	Anthurium scherzerianum
Arbre de Jade	Crassula ovata
Azalée de l'Indre	Rhododendron simsii
Beaucarnéa	Beaucarnea recurvata
Chrysanthème	Chrysanthemum morifolium
Croton	Cadiaeum variegatum
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Dracaena fragnant	Dracaena fragnans
Dragonnier de Madagascar	Dracaena marginata
Fleur de lune	Spathiphyllum wallisii
Fougère de Boston	Nephrolepis exalta « Bostoniensis »
Fougère Kimberly Queen	Nephrolepis obliterata
Fougère nid d'oiseau	Asplenium nidus
Lierre commun	Hedera helix
Palmier d'Arec	Chrysalidocarpus lutescens
Palmier nain	Chamaedorea elegans
Philodendron rouge	Philodendron erubescens
Rhapis	Rhapis excelsa
Yucca	Yucca elephantipes

Liste des plantes dépolluantes pour un atelier

Cyclamen de Perse	Cyclamen persicum
Dracaena « Warneckii »	Dracaena deremensis « Warneckii »
Faux dattier	Phoenix roebelenii
Fleur de lune	Spathiphyllum wallisii
Langue-de-belle-mère	Sanseviera trifasciata
Lierre commun	Hedera helix
Palmier bambou	Chamaedora seifrizii
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Pothos	Scindapsus aureus
Syngonium	Syngonium podophyllum

Liste des plantes dépolluantes pour le bureau

Aglaonéma	Aglaonema commutatum
Arbre de Jade	Crassula ovata
Bananier nain	Rhododendron simsii
Beaucarnéa	Musa cavendishii
Cactus cierge	Beaucarnea recurvata
Cycas du Japon	Cereus peruvianus
Dracaena « Janet Craig »	Dracaena deremensis « Janet Craig »
Dragonnier de Madagascar	Dracaena marginata
Figuier à feuilles de sabre	Ficus maclellandii « Alii »
Figuier pleureur	Ficus benjamina
Fleur de lune	Spathiphyllum wallisii
Kalanchoé	Kalanchoe blossfeldiana
Langue-de-belle-mère	Sansevieria trifasciata
Lierre commun	Hedera helix
Maranta	Maranta leuconeura
Palmier d'Arec	Chrysalidocarpus lutescens
Palmier nain	Chamaedorea elegans
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Philodendron grimpant	Philodendron scandens
Philodendron « oreilles d'élephant »	Philodendron domesticum ou Philodendron tuxla
Vigne du Natal	Cissus rhombifolia

Liste des plantes dépolluantes autour du garage

Arbre-ombrelle	Schefflera actinophylla
Dracaena « Warneckii »	Dracaena deremensis « Warneckii »
Faux dattier	Phoenix roebelenii
Figuier à feuilles de sabre	Ficus maclellandii « Alii »
Kentia	Howea forsteriana
Langue-de-belle-mère	Sansevieria trifasciata
Palmier bambou	Chamaedorea seifrizii
Pothos	Scindapsus aureus
Syngonium	Syngonium podophyllum

Liste des plantes dépolluantes pour les vérandas

Aloé vera	Aloe barbadensis
Bananier nain	Musa cavendishii
Caoutchouc	Ficus elastica
Croton	Cadiaeum variegatum
Cycas du Japon	Cycas revoluta
Faux dattier	Phoenix roebelenii
Figuier pleureur	Ficus benjamina
Pin de Norfolk	Araucaria heterophylla
Plante-paon	Calathea makoyana
Poinsettia	Euphorbia pulcherrima
Vase d'argent	Aechmea fasciata

Liste des plantes dépolluantes pour le cellier

Cyclamen de Perse	Cyclamen persicum
Philodendron arborescent	Philodendron selloum ou Philodendron bipinnatifidum
Philodendron rouge	Philodendron erubescens

Liste des plantes dépolluantes pour les combles

Aglaonéma	Aglaonema commutatum
Dieffenbachia séguine	Dieffenbachia seguine
Philodendron rouge	Philodendron erubescens

DES LIMITES À PRENDRE EN COMPTE

Toutefois, ces plantes ont besoin d'un environnement idéal pour plus d'efficacité. Comme elles sont assez sensibles au milieu dans lequel elles sont placées, leur rendement peut en être affecté. Il convient de respecter certaines règles et de prendre en compte les paramètres suivants :

- Compter 1 plante de taille moyenne pour 10 m²
- Le besoin d'arrosage
- L'exposition à la lumière
- La température
- L'humidité

Évidemment, selon les espèces, chaque plante réagit différemment à ces paramètres et il est nécessaire de se référer au tableau de synthèse des pages 34 et suivantes pour obtenir des résultats efficaces.

Toutes les études montrent qu'en laboratoire (c'est-à-dire à des concentrations supérieures à celles qui sont rencontrées dans l'air intérieur, sur des substances seules et pendant des durées limitées) les plantes possèdent des capacités d'abattement avérées vis-à-vis de polluants gazeux comme le monoxyde de carbone, les COV et le formaldéhyde.

Par contre, les spécialistes sont tous d'accord pour dire ceci : « en l'état actuel des recherches, les rendements d'épuration observés lors de l'utilisation de plantes en pot dans des espaces réels restent faibles, ne permettant pas une épuration efficace des volumes d'air des bâtiments. »

Même s'il existe, le travail réel sur le lien entre efficacité et bio-filtration reste encore expérimental. En tout état de fait, rien ne vaut un vrai courant d'air et le fait d'aérer de façon régulière ses locaux. L'efficacité prévaut si l'ensemble de ces paramètres sont rassemblés.

Même s'il faut ajouter l'entretien général imposé par ces êtres vivants, l'aspect esthétique conserve une place primordiale à tout le reste et ne laisse personne indifférent sur le lieu où l'on se trouve.

DES APPLICATIONS NOUVELLES

Au-delà du simple rôle de décoration de la plante individuelle dans une pièce, un bureau ou dans n'importe quel autre espace, certains paysagistes ont proposé des applications plus artistiques comme les murs végétaux aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. On parle de parterres de végétaux verticaux accrochés aux murs comme des tableaux.

Les murs dépolluants

Lorsque cette fonction décorative des plantes à l'intérieur de l'habitat est associée à la connaissance de l'action des plantes dépolluantes, on parlera alors de **murs dépolluants**.

Avec la montée du rythme écologique,

la tendance actuelle est à la « jardinisation » de l'intérieur de la maison, où le végétal reprend une place prépondérante. Depuis les années 1990, le jardin est devenu une pièce à part entière de la maison, relié par des terrasses couvertes ou non… Plus récemment, les pièces à vivre intérieures peuvent être conçues comme des jardins, où la nature s'invite naturellement.

Dans cet esprit, on peut alors rencontrer des **cloisons et claustras végétales, des tableaux végétaux sur les murs…**

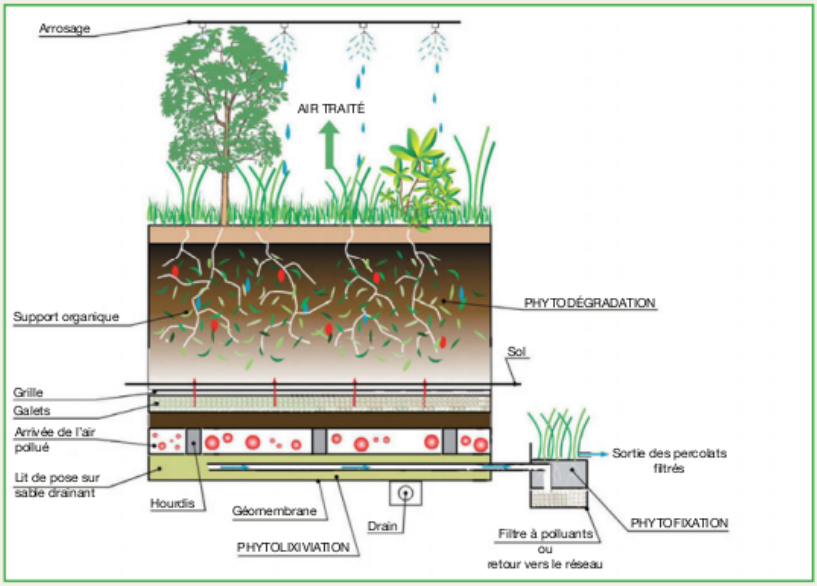
Un jardin filtrant pour l'air

Pour lutter contre la pollution de l'air, des **jardins filtrants composés de Carex**, peuvent également être mis en place. Le Carex (ou laîche des marais) est une plante très performante en phytorémédiation : elle est capable de traiter la plupart des germes et des virus (désinfection) et ses racines piègent une grande partie des métaux lourds.

DÉFINITION

Un jardin filtrant pour l'air est un filtre végétalisé capable de traiter les gaz viciés et les gaz à effet de serre, d'éliminer les mauvaises odeurs et de détruire une grande partie des germes (désinfection).

La figure ci-dessous expose le fonctionnement d'un jardin filtrant pour l'air.



© Ademe

Principe de coupe d'un jardin filtrant pour l'air

Les murs végétaux peuvent avoir d'autres fonctions que l'épuration de l'air et l'aspect initial esthétique et paysager : ils permettent également une régulation thermique réelle des bâtiments en été comme en hiver ainsi que phonique (absorption des sons…).
Les plantes et la décoration paysagères d'intérieur sont donc devenues des éléments importants dans le combat contre l'excès de technicisation et l'aliénation de la nature. La réaction des personnes en ce qui concerne les plantes d'intérieur est positive. Les plantes remplissent des fonctions importantes pour le bien-être tels les effets de climatisation, d'agglomération de la poussière et des substances nocives ainsi que de réduction de bruit.
En termes de gain de place, le mur végétal est évidemment une des solutions de rationalisation de l'espace ; la technique s'appuie sur l'application des végétaux dans leur condition naturelle.

© SI, 2011

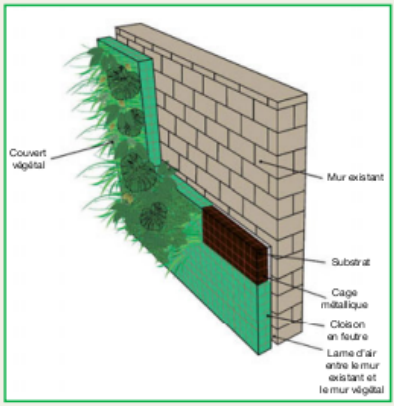
Les murs végétaux dans l'habitat

Le mur végétal dans un milieu naturel

ALLER PLUS LOIN

Pour plus d'information, reportez-vous à l'ouvrage *L'Architecture végétale* de Jean-François Daurès.

C'est sur ce principe de reproduction ou d'application de cette approche dans la nature que peuvent être déclinés, avec la créativité et les matériaux actuels, divers types d'installations végétales sur les murs.



© Ademe

Les principes d'un mur végétal

BIO-SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Les plantes dans le cadre du développement durable peuvent également servir de **bio-indicateurs de pollutions**. En effet, les plantes ne sont pas seulement des épurateurs de l'air, mais peuvent être appréciées en terme de prévention et servir d'indicateurs : on parlera alors de **bio-indicateurs de la qualité de l'air**.

DÉFINITION

La bio-surveillance de la qualité de l'air est un outil complémentaire des mesures physico-chimiques réalisées par les réseaux de surveillance, permettant d'évaluer l'impact des polluants dans l'environnement.

En effet, la bio-surveillance permet d'obtenir des informations et des indications sur l'environnement à partir de l'étude d'impact de cet environnement sur des organismes vivants. En revanche elle ne permet pas de connaître la concentration de l'air en polluants.

Certains végétaux ont ainsi la propriété,

- soit d'accumuler les polluants présents,
- soit de réagir et présenter des réactions biologiques caractéristiques en réponse à certains polluants.

Le type d'approche peut alors devenir une **bio-indication** ou une **bio-accumulation**.

LES NORMES UTILISÉES

Des normes Afnor présentant un protocole sur la bio-indication ont été établies. Les participants à ces travaux sont l'Ademe, l'Université de Lille 21, Inra, et trois bureaux d'études (Biomonitor, Kaliair, Aair Lichen). Leurs travaux ont été portés en normalisation.

Quatre normes sur la bio-surveillance de la qualité de l'air ont été éditées.

la norme NF X 43-900 « Bio-surveillance de l'air – Bio-indication de l'ozone par le tabac »

La bio-indication de l'ozone par le tabac : le tabac Bel W3 est très sensible à l'ozone, un polluant majeur de l'air qui provoque sur cette plante des nécroses foliaires spécifiques. La mesure des surfaces nécrosées est utilisée pour définir un « indice des dommages foliaires » qui donne une estimation du niveau relatif d'ozone présent dans l'air.

À l'échelle d'une agglomération, les informations données par un certain nombre de stations d'étude comprenant des plants de tabac Bel W3 permettent ainsi de cartographier la distribution de l'ozone. Plusieurs villes ont donc été cartographiées en France : Nancy, Rouen, Lille...

la norme NF X 43-901 « Bio-surveillance de l'air – Bio-surveillance active de la qualité de l'air à l'aide de ray-grass : des cultures à la préparation des échantillons »

La bio-accumulation de substances polluantes par le ray-grass :

cette norme constitue une bio-surveillance active de la qualité de l'air à l'aide d'une graminée, le ray-grass. Les végétaux sont cultivés dans des conditions définies, avant d'être exposés sur le site d'étude. Les graminées témoignent alors des évènements de pollution qui ont pu avoir lieu durant la phase d'exposition sur le site surveillé. Les résultats portent sur la bio-accumulation de substances polluantes (pollutions organiques, métaux lourds, pollutions azotées, inorganiques).

la norme NF X 43-902 « Biosurveillance de l'air – Biosurveillance passive de la qualité de l'air à l'aide de mousses autochtones : de la récolte à la préparation des échantillons »

La bio-surveillance de l'environnement à l'aide de mousses autochtones : ces mousses présentes dans la plupart des milieux (eau, sol, écorce d'arbre, murs, rochers…) témoignent d'une pollution présente et/ou passée. Elles sont utilisées pour quantifier la bio-accumulation d'une large gamme de contaminants atmosphériques – éléments traces métalliques, éléments radioactifs, contaminants organiques (HAP , pesticides, dioxines). Ces mousses ont déjà largement été utilisées dans le cadre du dispositif Bramm (Biosurveillance des retombées atmosphériques métalliques par les mousses) qui est un dispositif de surveillance de la qualité de l'air dont le principal objectif est la cartographie de la pollution de fond, à l'échelle nationale, des niveaux de concentration en métaux accumulés dans les mousses.

la norme NF X 43-903 « Biosurveillance de l'environnement - Détermination d'un Indice biologique de lichens épiphytes (IBLE) »

La bio-indication biologique par les lichens épiphytes : cette norme concerne les lichens épiphytes, ceux qui se développent sur les arbres. Il s'agit d'une méthode de détermination de l'Indice biologique de lichens épiphytes ou IBLE. Cet indice de biodiversité permet d'évaluer, à partir d'observations, les réponses écologiques des lichens épiphytes (qui peuvent être des disparitions, des altérations ou des développements anormaux), et par la suite d'estimer, voire de quantifier, la qualité globale de l'air, tous polluants atmosphériques présents confondus. L'utilisation des lichens en France (avant la normalisation des méthodes), pour cartographier des zones polluées a déjà été employée pour plusieurs régions (régions Nord, Normandie, Ile de France…).

CHAPITRE 4

SYNTHÈSE DE LA PHYTO-REMÉDIATION

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

AVANTAGES DE LA PHYTOREMÉDIATION

La phytoremédiation bénéficie de plusieurs atouts parmi différents intérêts : économique, technique, environnemental et paysager.

D'un point de vue économique, les coûts sont réduits. Les techniques de phytoremédiation sont en général de 10 à 100 fois moins coûteuses que les techniques classiques (physico-chimiques).

Le traitement d'une gamme diversifiée de polluants (métaux lourds, HAP, solvants, explosifs, produits phytosanitaires, etc.) et d'une gamme variée d'espèces végétales potentielles constituent un intérêt technique.

D'un point de vue environnemental et paysager, la phytoremédiation est une technique passive, le seul apport d'énergie étant le soleil. Cette méthode s'inscrit parfaitement dans la politique de réduction de pollution visuelle.

INCONVÉNIENTS DE LA PHYTOREMÉDIATION

La phytoremédiation peut rencontrer certaines limites.

La durée du traitement peut s'avérer longue (généralement plusieurs années).

La profondeur d'intervention reste faible. Elle est conditionnée par la profondeur d'enracinement des végétaux : 0,50 mètres à 1 mètre pour les herbacées, 2 à 4 mètres pour les arbres et arbustes.

Cette méthode est récente, il existe peu d'applications industrielles.

De plus, suivant les conditions climatiques, les fluctuations saisonnières peuvent affecter directement ou indirectement la vie des plantes.

VERS UNE RECHERCHE PERMANENTE DES CONNAISSANCES SUR LE POUVOIR DES PLANTES

En France et en Europe, la phytoremédiation se situe à un stade expérimental avancé : sites pilotes, serres, etc.

Les chercheurs tentent d'améliorer les capacités accumulatrices des

plantes, en les modifiant génétiquement. Différents centres de recherche dans le monde, notamment aux Etats-Unis et au Canada, mais également en Europe comme en France, travaillent sur la modification et la recherche de plantes capables d'accumuler suffisamment de polluants pour dépolluer un site contaminé.

De nombreux projets s'effectuent dans le monde et en France, dans des laboratoires ou en grandeur nature dans des champs, réalisés par des centres de recherches et des universités.
Des recherches en biotechnologie sont également effectuées en laboratoire pour améliorer la capacité d'absorption en modifiant les racines.

LE PROJET « PHYTOPOP »

En France, l'Agence nationale de recherche (ANR) et l'Ademe, en partenariat avec six équipes travaillent sur un projet « Phytopop » :

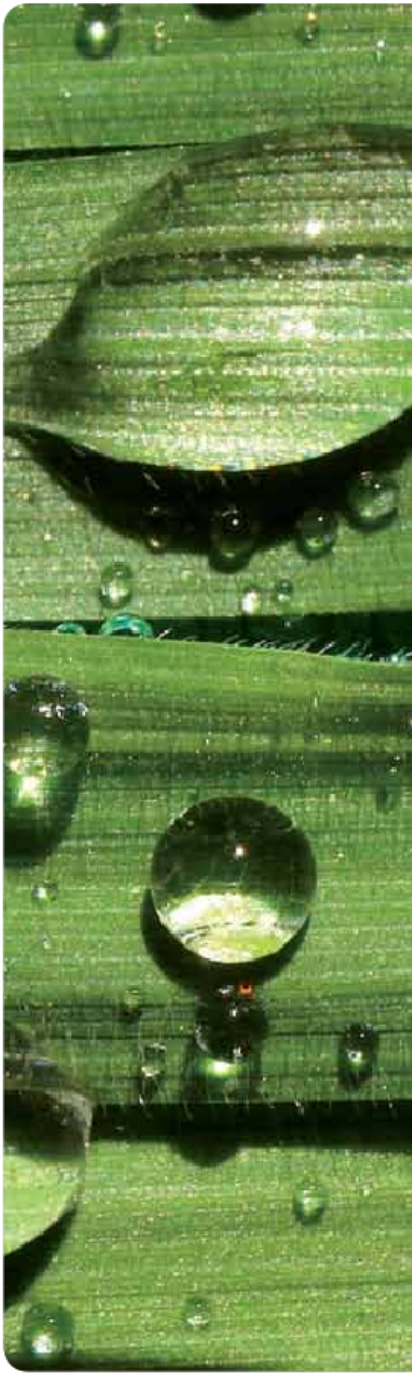
- **Nancy-Université**
- **Afocel « Association forêt cellulose »**
- **Elyo Suez**
- **CEA « Laboratoire des échanges membranaires et signalisation »**
- **CNRS « Centre national de la recherche scientifique »**
- **Inra « Institut national de la recherche agronomique »**

Le projet Phytopop « Stratégies culturales, valorisation de la biomasse et sélection de génotypes plus performants appliquées à l'utilisation du peuplier pour la remédiation de sols pollués ».
Objectif général du projet : évaluer l'efficacité du peuplier pour la dépollution de sites pollués par les métaux et notamment de rechercher les solutions les plus adaptées à la phytoextraction, au traitement et à la valorisation de la biomasse produite

D'autres réflexions et expérimentations sont en cours et l'évolution dans le domaine permettra de compléter les utilisations rationnelles d'une plante vers une problématique identifiée.

PARTIE 2

LES PLANTES ET LA GESTION DE L'EAU



2

CHAPITRE 5

LA NOUVELLE POLITIQUE DES ESPACES VERTS RAISONNÉS

L'eau est une ressource naturelle, nécessaire pour toute vie animale et végétale. Cette ressource indispensable n'est pas inépuisable. Ainsi la consommation en eau est devenue un enjeu majeur du XXIe siècle.

C'est pourquoi la démarche de choisir des plantes **peu exigeantes en eau** peut être un moyen utile pour réduire les besoins en eau.

En effet, les collectivités ou les particuliers attachent de plus en plus d'importance à leur propre espace vert ; le jardin est devenu une pièce maîtresse de l'ensemble de la maison. Les plantes et les arbustes font partie intégrante de la composition de ces espaces verts et ont besoin, comme tout bien vital, d'une certaine quantité d'eau pour vivre ou survivre. C'est sur ce paramètre que les outils de connaissance actuels nous permettent d'associer plantes, développement durable et préservation des ressources naturelles. Les deux autres arguments majeurs à ne pas négliger sont l'économie financière réalisée et le temps consacré à l'arrosage et à l'entretien.

LA CONSOMMATION EN EAU DES PARTICULIERS

À titre d'exemple, une famille de 4 personnes utilise en moyenne entre 329 à 410 litres d'eau par jour, avec une différenciation entre milieu rural et milieu urbain (110 litres/jour/personne contre 150 litres/jour/personne). Sur l'ensemble de la consommation d'eau d'un ménage, la part consacrée aux espaces verts est réduite. Elle est estimée à environ 10 % en comptant effectivement espaces verts et potagers et en tenant compte d'un lissage des quantités à l'année : l'équilibre entre un arrosage intensif l'été et l'absence d'arrosage l'hiver, le fait que certains foyers arrosent plus que d'autres…

Toutefois, ce pourcentage, aussi peu important soit-il, peut être largement

PENSEZ-Y !

En réduisant de 1 % la consommation des ménages consacrée aux espaces verts, on économiserait la bagatelle de 3 millions de m³ d'eau par jour !

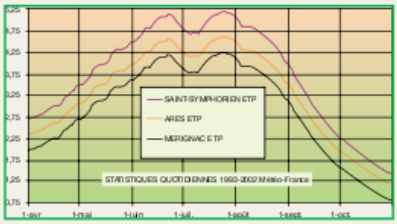
réduit en ayant une meilleure connaissance de la gestion des espaces verts privés.
Quand on prend l'estimation basique d'environ 10-15 litres/jour/personne (soit les 10 % d'eau consacrés aux espaces verts par personne) et qu'on la ramène à la moitié de la population française, soit 30 millions d'habitants, on obtient un chiffre de consommation théorique de 300 à 450 millions de litres par jour, soit environ 1 milliard de m^3 par an.
L'ampleur de la consommation d'eau consacrée aux espaces verts est loin d'être négligeable et il ne semble pas déraisonnable d'agir même sur une part minime. Agir sur 1 % pourrait représenter la bagatelle de 3 millions de m^3 d'eau économisée par jour !

LES BESOINS IMPORTANTS DES COLLECTIVITÉS

La consommation en eau dans les espaces verts représente une part relativement importante de la consommation totale, pouvant atteindre près de 70 % pour certaines collectivités. C'est pourquoi, dans un contexte délicat de préservation de cet « or bleu », les plantes peuvent encore participer à réduire la consommation en eau, dans une démarche de développement durable, au-delà de leur fonction « dépolluante ». Il s'agit d'adapter judicieusement leur rôle esthétique et d'accompagnement paysager dans un contexte déterminé.
La pratique montre que les espaces verts, et tout particulièrement les gazons des terrains de sport sont trop arrosés. À cela, deux raisons principales :

- La dose d'eau est souvent réglée une fois pour toutes. Elle est calculée pour satisfaire les besoins du gazon pour les jours les plus chauds, et même un peu plus au cas où. Et cette dose maximale est apportée de mai à octobre.
- Les apports d'eau par la pluie ne sont que rarement pris en compte et bon nombre d'arroseurs fonctionnent encore sous la pluie...

Le graphe ci-dessous illustre les besoins d'un gazon en pleine croissance : on voit bien que les besoins varient fortement sur la saison, et qu'en tout cas, ils ne dépassent jamais 5 L/m^2/jour.



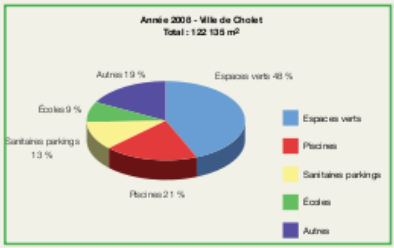
Les besoins en eau d'un gazon

Météo-France propose d'ailleurs un service de prévision des besoins en eau d'un gazon. Combiné avec les prévisions de précipitations, il est désor-

mais possible d'adapter en temps réel les apports aux besoins.

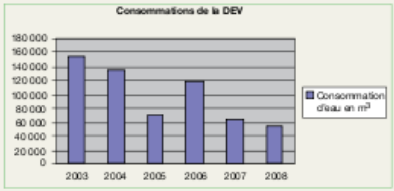
L'EXEMPLE DE CHOLET (49)

Prenons le cas d'une ville type comme Cholet (49) pour avoir une idée des différentes consommations et besoins en eau d'une ville. Les chiffres donnés ci-dessous de la consommation en eau de Cholet et de la consommation en eau des espaces verts de cette même ville sont exposés à titre informatif.



Consommation en eau - Ville de Cholet

Ce graphique indique que les espaces verts représentent une grande partie de la demande en eau et consomment 48% de la consommation en eau de la Ville de Cholet, soit environ 58625 m3 d'eau pour l'année 2008.

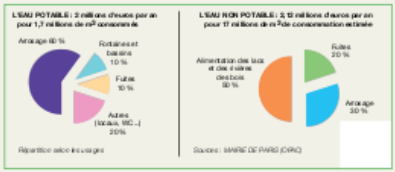


Évolution de la consommation en eau des espaces verts de la Ville de Cholet

Selon le graphique, la consommation en eau des espaces verts a varié depuis les cinq dernières années. En 2008, la consommation d'eau a été la plus basse, suite à une politique volontariste d'économie de l'eau.

L'EXEMPLE DE PARIS (75)

Selon les chiffres du Département des parcs, jardins, et espaces verts (DPJEV) à Paris, l'arrosage est le poste le plus gourmand en eau. Il représente la moitié de l'usage de l'eau potable dans un parc.
La consommation d'eau potable coûte cher et est intimement liée à l'arrosage, comme le montre le graphique suivant élaboré à partir des statistiques du DPJEV à Paris.



Répartition de la consommation en eau à Paris

Des méthodes pour diminuer les quantités utilisées doivent être mises en place. Les deux mesures les plus efficaces pour éviter une perte inutile d'eau étant :

- **privilégier l'arrosage le matin ou le soir lors de forte chaleur,**
- **installer un système d'irrigation adapté pour les pelouses et les jardins.**

De plus, il est conseillé de **rechercher des méthodes alternatives à l'usage de l'eau potable, notamment la récupération des eaux pluviales.**

LA CONSOMMATION DES ESPACES VERTS

De manière générale et surtout dans les pays occidentaux, les sources de consommation en eau des espaces verts sont d'une part les terrains de sports et d'autre part, les espaces verts et fleurissement. Plusieurs pistes d'actions sont suggérées pour réaliser des économies en eau dans ces espaces.

Les terrains de sports

En effet, pour les terrains de sport, la diminution des consommations en eau peut être réalisée de la manière suivante :

- en utilisant des terrains synthétiques
- en limitant les apports d'engrais
- en déterminant des niveaux d'arrosage, soit 20 min/semaine pour les terrains d'honneur et 15 min/semaine pour les terrains d'entraînement
- en diminuant les tontes, aérations, défreutrages et sablages
- en récupérant les eaux de pluie (citerne, petit plan d'eau)
- en effectuant un arrosage nocturne
- en plantant des graminées (fétuques élevées…)
- en centralisant la gestion de l'arrosage

Les espaces verts et fleuris

Pour diminuer les consommations en eau des espaces verts, il est recommandé de :

- pratiquer la conception et la gestion différenciées (choix des plantes, arrosage raisonné)
- planter en automne
- effectuer un paillage
- utiliser un arrosage intégré avec arrosage nocturne

CHAPITRE 6

LE CHOIX DES PLANTES, VECTEUR D'ÉCONOMIE D'EAU

LES PLANTES UTILISÉES

Certaines espèces végétales économes en eau supportent des périodes de sécheresse conséquentes et de fortes chaleurs, tout en se contentant d'un arrosage occasionnel. Ces plantes peuvent aussi prétendre avoir un intérêt paysager, ce qui reste d'ailleurs un des buts recherchés en premier lieu.

PENSEZ-Y !

Le choix de plantes économes participe à diminuer la consommation en eau des collectivités.

Les pelouses, exigeantes en arrosage et en tontes, deviennent plus difficiles à entretenir d'été en été, à cause des restrictions d'eau.

Il existe des plantes permettant de réaliser des « gazons alternatifs » bien adaptées aux sécheresses périodiques et aux fortes températures d'une part et qui ne nécessitent que très peu de tontes.
Plusieurs plantes qui peuvent constituer des pelouses résistantes à la sécheresse sont actuellement proposées par les pépiniéristes :

- **Zoysia tenuifolia** *(Gazon des Mascareignes)* : supporte bien une certaine sécheresse et nécessite un arrosage hebdomadaire en été
- **Lippia nodiflora** *(Phyla nodiflora)* : très résistante au sec
- **Achillea crithmifolia** : résistant à la sécheresse
- **Cynodon « Santa Anna »** : très résistant à la sécheresse
- Les graminées de la famille des ***Miscanthus***, des ***Stipa*** et des ***Pennisetum***, résistantes à la sécheresse et acceptant les sols médiocres, permettent aussi de créer des massifs herbacés extensifs non arrosés, intéressants par leur aspect mouvant et leurs inflorescences, souvent persistantes en hiver.

Toutes ces plantes sont adaptées pour un environnement sec.

LA MISE EN PLACE DES PLANTES

La mise en place de ces plantes doit respecter également certaines conditions :

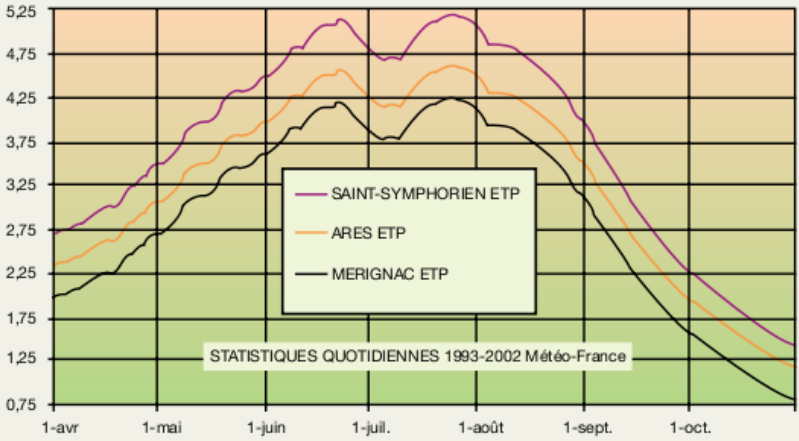
- Effectuer un bon choix de plantes et de techniques culturales pour limiter l'arrosage, l'entretien et l'apport d'engrais.
- Favoriser un système racinaire profond, garant d'une bonne tenue au sec (planter en automne, installer des jeunes plants, arroser très ponctuellement mais en quantité suffisante).
- Préparer les sols pour optimiser le drainage et les ressources en eau disponibles pour les plantes.
- Effectuer un paillage, qui consiste à recouvrir le sol autour des plantations par de la matière organique (herbes, feuillages, broyat de branchage ou d'écorce), pour limiter l'évaporation du sol et ainsi maintenir l'humidité du sol.
- Choisir des végétaux correspondant aux milieux naturels, aux paysages du département et adaptées aux différents sols.

PLANTES ET RESTRICTION D'EAU

L'annexe de la page 100 présente les différentes espèces végétales, graminées, arbres, arbustes, et plantes vivaces qui peuvent pallier les problèmes de restriction d'eau.

Parmi les mesures préconisées, nous pouvons citer :

- La sélection de plantes résistantes à la sécheresse : cela concerne les arbres, les arbustes, et les plantes fleuries.
- La sélection de variétés de graminées composant les gazons ayant une meilleure résistance à la sécheresse telle la **Fétuque élevée** (Festuca Arundinacéa), qui est actuellement la graminée la plus résistante dans ses hybrides naines. D'autres espèces associées aux fétuques présentent dans leurs hybrides une bonne tolérance à la sécheresse : **Ray gras anglais**, **pâturin des prés**.
- L'installation de réseaux d'arrosage automatisés permettant un arrosage parcimonieux nocturne.
- La pose de paillage ou de toile couvre sol, à la plantation, permettant de limiter l'évaporation et l'envahissement de plantes non désirables (accroissant la consommation au détriment des plantes ornementales) : Toile hors sol, paillage d'écorces colorées, de gravier ou de pouzzolane, mulching d'écorce de pin, de compost issu du traitement des déchets verts.
- L'arrosage préférentiel de nuit ou de très bonne heure le matin s'est imposé naturellement car la baisse des températures nocturnes permet à la plante une meilleure assimilation de l'eau apportée et limite les pertes importantes par évaporation ainsi que les brûlures par effet de loupe.



Paillage minéral et absence d'arrosage des végétaux adaptés

- Pour les jardinières et suspensions, la généralisation de l'emploi de contenant à réserve d'eau, permettant une meilleure redistribution de l'eau au fur et mesure des besoins évite les chocs hydriques et limite les interventions.
- L'installation d'un système d'arrosage intégré, notamment le goutte-à-goutte, permet une localisation très précise de l'apport d'eau ainsi qu'une meilleure régularité dans le temps de cet apport.

PARTIE 3

APPLICATIONS DU GÉNIE VÉGÉTAL POUR LA GESTION DE L'EAU

3

CHAPITRE 7

LA « GESTION DIFFÉRENCIÉE » DES ESPACES VERTS

En tout état de cause, nous sommes entrés dans un nouveau mode de perception de notre environnement. Et les espaces verts n'échappent pas à cette règle. On parle donc d'une gestion des espaces « verts » (parcs, jardins, talus…), plus proche de la nature et plus respectueuse de l'environnement, une gestion qui s'adapte à la vie citadine et qui diffère selon l'usage du lieu.
On comprend donc que, dans cette partie, ce n'est pas l'élément « plante » individuelle qui est pris en considération mais l'ensemble : les plantes formant un espace vert.

DÉFINITION GÉNÉRALE

La **gestion différenciée** fait évoluer le modèle horticole standard en intégrant à la gestion des espaces verts un souci écologique. Elle permet de gérer au mieux le patrimoine vert d'une ville avec des objectifs précis tout en tenant compte des moyens humains. Elle crée de nouveaux types d'espaces, plus libres, correspondant à une utilisation contemporaine aux fonctions plus variées.
Dans l'optique de la gestion différenciée, le concepteur d'un espace urbain ou rural crée un espace adapté à son milieu (sol, climat, environnement urbain...).
Il limite l'entretien et les traitements phytosanitaires, favorise le développement d'une diversité faunistique et floristique, tout en respectant un cahier des charges.

LA DÉFINITION D'UNE COLLECTIVITÉ

La gestion différenciée, c'est la contribution du jardinier au Développement Durable.
Ville de Grande-Synthe
La gestion différenciée assure ainsi un équilibre entre trois axes :
- Accueil du public
- Développement de la biodiversité
- Protection des ressources naturelles.

La gestion différenciée appliquée aux espaces verts est un outil permettant de répondre aux préoccupations liées à l'environnement, notamment la préservation des espaces verts et de la ressource en eau.
La gestion différenciée des espaces publics verts et naturels s'inscrit dans

UNE GESTION DIFFÉRENTIÉE : DES OBJECTIFS SIMPLES

Enrichir nos villes d'espèces végétales et animales régionales.
Limiter les impacts négatifs sur notre environnement déjà malmené.
Créer un cadre de vie agréable et des paysages diversifiés

les principes du développement durable. Les enjeux environnementaux sont multiples :

- Préserver et enrichir la biodiversité des espaces verts naturels
- Limiter les pollutions
- Gérer les ressources naturelles (valorisation des déchets verts, économie de la ressource en eau…)

LE PATRIMOINE VERT D'UNE COLLECTIVITÉ

Le patrimoine vert d'une collectivité concernée par la gestion différenciée peut être classé comme suit :

- Parcs, jardins et squares
- Accompagnement de voies : toute voie de communication, que ce soit de la voirie ou une voie ferrée ou fluviale (îlots, ronds-points, jardinières).
- Accompagnement de bâtiments publics
- Accompagnement d'habitations
- Accompagnement des établissements industriels et commerciaux
- Espace vert des établissements sociaux ou éducatifs
- Sports (clubs sportifs et leurs abords)
- Cimetières
- Camping
- Etablissements horticoles
- Espaces naturels aménagés (forêts, prairies, plans d'eau…)
- Arbres d'alignement (le long des voies, seuls ou en groupe)

Ce patrimoine vert apporte une grande biodiversité végétale et animale et améliore notre qualité de vie.

UNE VOLONTÉ ÉCO-CITOYENNE

La gestion différenciée en dehors du rôle lié aux espaces verts est avant tout une volonté d'éco-citoyenneté, vision moderne de cohésion de service et de communication. Mieux respecter l'environnement, en laissant la nature reprendre ses droits sur les espaces publics tout en favorisant la biodiversité, est devenu un enjeu majeur, à prendre en compte également.

CHAPITRE 8

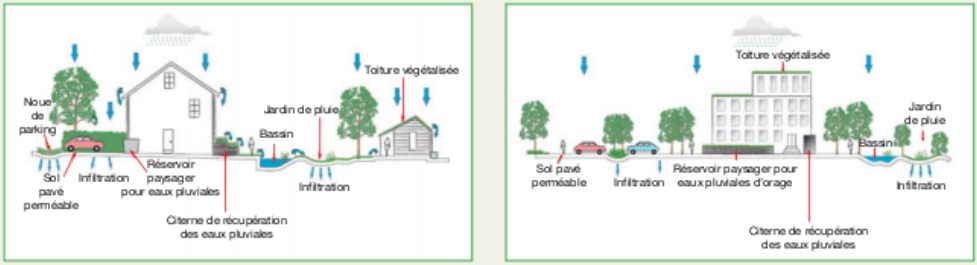
LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

Les eaux pluviales nécessitent une gestion pour combattre les dégâts éventuels, notamment en cas d'orage, ou tout simplement pour tirer bénéfice de cette eau à des fins d'économie et d'écologie.

Nous allons voir que pour chaque surface exposée aux pluies d'orages ou au ruissellement de ces pluies, qu'il existe un aménagement approprié. il faut raisonner l'ampleur de cet aménagement et les fonctions réelles qu'il va remplir, selon le milieu rural ou urbain, le budget, l'espace disponible, l'altitude, le sol...

LA BIO-RÉTENTION

Son rôle est de diminuer la quantité et la vitesse de ruissellement des pluies d'orages en intégrant des aménagements venant à l'encontre du parcours de l'eau. Ainsi, dans une démarche écologique, grâce à des techniques de déviation, d'acheminement et de stockage, elle permet une utilisation vertueuse de l'eau favorisant les éléments vivants, l'infiltration dans le sous-sol pour les nappes ou encore une mise en valeur décorative pour les espaces paysagers urbains ou ruraux.



Modèle d'habitation écologique en matière de bio-rétention en milieu rural et urbain

LES TECHNIQUES DE BIO-RÉTENTION

On distingue plusieurs notions de bio-rétention qui limite le ruissellement à partir des surfaces :

- **La rétention qui stocke l'eau de ruissellement** à travers le sol pour l'infiltration ou l'évaporation : noue paysagère, jardin de pluie.
- **Des installations de retenue qui stockent l'eau de ruissellement temporairement, puis la libère :** toit végétalisé, réservoir paysager.
- **Des techniques d'acheminement qui transportent l'eau** d'où elle est tombée à l'endroit où elle doit être stockée : drainage agricoles, rigoles d'irrigation, bassins de rétention paysagers.

Des cas concrets permettent (voir tableau ci-dessous) de mieux comprendre le fonctionnement et la forme de ces techniques à mettre en place. Ces aménagements paysagers sont envisagés en termes de mise à profit des ressources d'eau venant du ciel. Ces dernières ne sont que trop peu prises en considération.

Utilisés à grande comme à petite échelle, ces aménagements sont facilement adaptables à la particularité d'un espace. Dans la nature, l'eau coule et se rassemble dans les zones basses et les dépressions.

Techniques de bio-rétention

Composantes	Toitures végétalisées	Façades végétalisées Mur végétalisées	Cuve d'eau de pluie	Réservoirs paysagers pour pluies	Revêtements poreux	Jardins de pluie Bandes	Dépressions humides Noues d'infiltration	Plantes filtres Marais aménagés
Disposition / application	Surfaces de toit plantées et végétalisées	Plantes grimpantes Mur végétalisé Marais verticaux	Collecte de l'eau de pluie directement des toits	Equipements surélevés ou à niveau pour le stockage et l'interception immédiate au pied du bâtiment	Surfaces dures qui permettent l'infiltration des eaux de pluie	Zones plantées de collecte de l'eau de pluie	Parcs, Aménagements paysagers résidentiels et commerciaux Infrastructures urbaines	Parcs, Aménagements paysagers résidentiels et commerciaux Infrastructures urbaines
Prévention du ruissellement	•		•	•	•	•		
Rétention	•	•		•	•	•	•	•
Stockage	•		•	•			•	•
Transport							•	
Filtration				•		•	•	•
Habitat	•	•		•	•	•	•	•
Agrément		•	•	•	•	•	•	•

LA MISE EN VALEUR DE LA GESTION QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES EAUX RUISSELÉES

Chaque aménagement, quelle que soit son échelle, peut générer un changement de coefficient de ruissellement selon la nature des projets. Dans cet esprit, la créativité peut permettre d'aménager des espaces aux eaux ruisselées avec des techniques évidemment fondées sur l'aménagement paysager.

Afin d'éviter des solutions dites radicales et inesthétiques où l'eau est considérée comme une contrainte, il existe différentes techniques qui permettent de mieux appréhender ce paramètre. La réponse et le travail apporté en tant qu'ingénierie est de transformer cette contrainte en potentialité.

Différentes études de cas peuvent être citées.

LES TECHNIQUES DE STOCKAGE DE L'EAU DE RUISSELLEMENT

Les jardins de pluies

Le concept de jardin de pluie favorise le microclimat de l'espace paysager.

La première chose à faire serait de substituer des plantes et végétaux divers à des surfaces en dur. Prenons un exemple : des surfaces pavées emmagasinent la chaleur du soleil et la restituent la nuit. Le jour, les surfaces de couleur claire renvoient le rayonnement thermique. Ces deux processus apportent de la chaleur. Mais, avec une couverture végétale, les deux processus sont moins importants et permet de créer un microclimat harmonieux en réduisant le dégagement thermique.

La présence d'un arbre ou d'un arbuste en plus procure de l'ombre. Et, en poussant plus loin, l'évapotranspiration de l'eau par les feuilles va aussi rafraîchir l'air. L'énergie thermique nécessaire à l'eau pour se transformer en gaz disparaît car elle est absorbée par la plante.

Ensuite, le jardin de pluie peut être une solution aux problèmes de gestion environnementale : captation de l'eau, amélioration de la qualité de l'eau, développement des habitats.

De plus, il accentue l'impression de particularité d'un lieu.

Un aménagement qui tire les bénéfices de l'eau, tient compte du relief et du volume d'eau susceptible d'influencer le site.

Par ailleurs, il permet de mettre en valeur les éléments construits en rendant le site plus naturel ; il stimule les services chargés de l'environnement et suscite la fierté des communes. Dernier atout et non des moindres : par la volonté de laisser la nature faire son travail, les besoins en entretien seront réduits.

Les noues paysagères

La noue paysagère est une technique de drainage et de rétention de l'eau. En

plus de sa valeur pratique, elle a une forte vocation esthétique dans l'aménagement paysager.
Elle peut prendre plusieurs aspects :

- Soit celui d'un simple vallonnement, ou d'une dépression humide concave, très diffus à la surface d'un terrain qui suit une pente pouvant acheminer vers une zone de stockage ou un bassin.
- Soit celui d'un fossé de rétention dont les abords peuvent être végétalisés, un aménagement pouvant être associé au concept du « jardin de pluie ».

© Adev

Schéma de principe d'une noue paysagère

Son utilisation agit de trois manières sur le détournement des pluies d'orages :

- Récupération et stockage des eaux de ruissellement
- Captation par les végétaux ou par les sols en fonction de la porosité
- Infiltration des eaux de pluies dans les sous-sols

De cette technique découlent de nombreux phénomènes favorables à l'épuration de l'eau en éléments minéraux par les plantes. Cette technique entraîne également une filtration des éléments par le sol.
On peut considérer la noue paysagère comme un simple réservoir, ou l'intégrer dans un ensemble d'aménagements en prenant en compte le potentiel des précipitations d'une région, ainsi que le relief pour acheminer l'eau dans les noues et la stocker plus loin dans un bassin…
Pour ce faire, la noue doit être assez profonde permettant la mise en place d'un substrat poreux qui accueille les plantes tout en favorisant le drainage. Le sol d'origine peut être séparé par un feutre anti contaminant.

Les bassins de rétention ou marais aménagé

Créer un bassin de rétention, c'est non seulement agir sur la capacité de stockage d'un site favorisant la filtration mais aussi sur le développement des habitats participant à l'équilibre biologique des milieux.
Un bassin, s'il est simple à réaliser, est un écosystème complexe et interactif dont l'équilibre est dépendant de la qualité de l'eau qui y est acheminée.
Cet équilibre entre une eau claire miroitante et une soupe verdâtre et sombre est plutôt subtil. Or, le fait d'alimenter ce point d'eau par des eaux de ruissellement ayant coulé sur d'autres sur-

faces et ayant amassé de nombreux éléments minéraux ou substances polluantes complique les choses.
L'eau ruisselée, riche en substances nutritives, favorise la prolifération des algues responsables de l'eau verte.
Pour combattre cela, il est nullement nécessaire, contrairement à l'approche actuelle, d'utiliser des systèmes technologiques de filtration et d'épuration. Il suffit de créer des aires tampons de végétation en acheminant l'eau par des noues paysagères, des bandes d'infiltration, des filtres plantés.

LES PLANTES UTILISÉES POUR LES BASSINS DE RÉTENTION

Plantes constituant l'aspect esthétique du plan d'eau pour lesquelles le sol n'est pas gorgé d'eau ou hydromorphe, mais pouvant être humidifié par capillarité.
Plantes de milieu frais et adaptées au sol en place.
Ligularia dentata – ligulaire, Lobelia syphilitica - Lobelie bleue, Lysimachia punctata – Lysimaque, Tradescanthia andersoniana - Ephémère de Virginie, Myosotis alpestris – Myosotis, Fougère, Hosta, Scolopendre - scolopendrium officinale, Chrysanthemum parthenium - Grande Camomille, Zantedeschia aethiopica - Calla ,Caltha palustris - Soucis d'eau

LES INSTALLATIONS DE RETENUE

Les toits végétalisés

C'est un dispositif de bio-rétention permettant de réduire la quantité du ruissellement des pluies d'orages modérés de 50 % avec un substrat de 5 cm.
Ils sont aménagés sur diverses surfaces, les toits d'école, usines, bureaux… A plus petite échelle, on peut les utiliser sur les abris de jardin, les garages et autres petites extensions de la maison.
Le toit végétalisé n'est pas une idée nouvelle, les origines des techniques ancestrales viennent de Scandinavie et auraient plusieurs siècles.
La technique consiste à appliquer une plus ou moins fine couche de végétation, fixée sur un substrat léger et drainant séparé du toit par un feutre anti-racinaire, le toit toujours muni d'une couche d'étanchéité.

La palette de végétation

Cette palette est variée. Le type de plante qu'on peut installer sur un toit varie selon l'épaisseur du substrat (donc de la capacité de charge du toit), la surface de la toiture, et selon les précipitations de la région. Ce sont les plantes xérophiles (vivant dans des milieux pauvres en eau) qui résistent aux sécheresses prolongées.

Les aménagements selon le type de toiture végétalisée

Type	Epaisseur du substrat	Plantations
Toitures végétales extensives	De 0 à 10 cm	Sédums mousses extensives, prairies (mélange de graines) Vivaces héliophile (port bas à moyen), graminées, plantes alpines, bulbes.
Toitures végétalisées semi-intensives	De 10 à 20 cm	Mélange de vivaces (port bas à moyen), graminées, bulbes et annuelles d'habitat sec. Prairie naturelle et arbrisseaux résistants.
Toitures végétalisées intensives	De 20 à 50 cm ou plus de 50cm	Arbustes moyens, plantes potagère, vivaces, graminées et gazons. Petits arbre caducs et conifères

LES PLANTES AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les espèces à port bas ou rampant comme : le coucou, (Primula veris) , le gaillet (Gallium verum), le lotier (lotus corniculatus), la campanule à feuilles rondes (Campanula rotundifolia), l'Hélianthème (Helianthemum chamaecistus), l'épervière (Hieracium), le thym (Thymus), la pimprenelle (Poterium sanguisorba), la scabieuse colombaire (Scabiosa columbaria)… L'orpin plus connu sous le nom de sedum ; Sedum album, S.hispanicum, S. reflexum, S. acre…sont aussi très efficaces.
D'autres espèces de plantes alpines et d'espèces de graminées provenant des prés de régions sèches ayant souvent leur place au jardin sur une rocaille peuvent très bien s'adapter sur une toiture végétale ayant un substrat de faible épaisseur : les œillets (dianthus carthusianorum), la matricaire maritime (Tripleurospermum maritimum), le pavot de californie (Escholtzia californica) Erodium, Hutchinsonia alpina, les pulsatilles (pulsatilla), Zauschneria, le Penstemon, Melica ciliata, Festuca glauca.

Composition d'un toit végétalisé
Une couche étanche : c'est la couche élémentaire de tout toit végétalisé qui doit résister à toute dégradation ou érosion intempestive. On trouve pour la plupart des toits végétalisés des couches en goudron plaqués à l'aide de chalumeaux sur lesquelles on rajoute d'autres plaques de goudrons gravillonnées. Une bâche de type liner

pourra faire l'affaire si vous expérimentez un toit sur un abri de jardin ou autre.

Une barrière racinaire : il existe dans le commerce divers matériaux anti racinaire. Un liner de piscine sera aussi adapté.

Une couche de drainage : il est préférable d'utiliser pour le drainage des plaques préfabriquées alvéolées (1 m par 1 m environ). Par ces alvéoles sera stockée l'eau et de petits trous situés au fond de chacune permettront de limiter la stagnation. On peut aussi réaliser cette couche à l'aide de cailloux légers de type : pouzzolane, vermiculite, billes d'argile, briques concassées…

Une membrane filtrante : on utilise un tissu géotextile pour séparer la terre de la couche drainage et ainsi on évite l'obstruction de la couche de drainage.

Les supports de croissance ou substrat : c'est un sol artificiel léger. Les substrats du commerce sont composés de matériaux agrégés comme des briques ou tuiles broyées recyclées, de billes d'argile expansée, perlite, vermiculite, pouzzolane. On y ajoute de la matière organique, compost de feuilles ou d'herbes. (environ 20 % du volume total). Il sera bon d'obtenir un substrat équivalent à un kilo par litre, pour favoriser la capacité en charge).

La végétation : cet élément vivant est savamment choisi parmi différents critères : l'exposition, le clouer souhaité, la hauteur du port… Un paysagiste peut aider à faire le bon choix.

Les réservoirs paysagers pour pluies d'orages :

Ce sont des conteneurs surélevés et partiellement remplis de terre dans lesquelles on fait pousser des végétaux afin de stocker et filtrer l'eau des toits en ville. Inventés en 2004 à Portland dans l'Oregon, ces aménagements ont pour vertu de réduire la pollution des eaux de ruissellement en ville ; ils contrôlent le débit de l'eau et ses volumes pour modérer le flux qui descend des toits.

On en trouve de deux types :

- Les réservoirs paysagers d'infiltration qui permettent à l'eau de s'infiltrer directement dans le sol.
- Les réservoirs paysagers d'écoulement qui se déversent dans le réseau d'assainissement ou dans le maillon suivant de la chaîne de drainage.

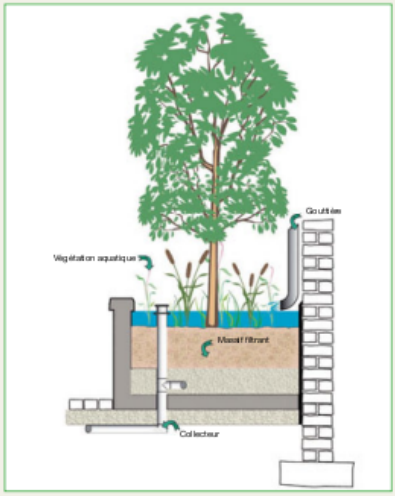


Schéma de principe d'un réservoir paysager

Il faut installer une cuve ou un bac étanche, à proximité d'une descente d'eau. Si le réservoir est joint à un bâtiment, il faut prendre des précautions en matière d'étanchéité. Une profondeur de 50 cm est nécessaire à moins que la surface soit considérable. La végétalisation doit être constituée d'au moins 50 % de graminées ou vivaces.
L'eau devra s'écouler entre 2 et 6 heures, pour éviter toute forme de stagnation et de conditions anaérobiques pour la végétation. Les plantes choisies devront êtres tolérantes à des conditions d'humidité données. Les plantes aquatiques sont à proscrire, le réservoir n'étant pas toujours humide en période de sécheresse.

Les collecteurs d'eaux pluviales

Ce sont de grands conteneurs ou citernes enterrés qui reçoivent l'eau de ruissellement des toits, des trottoirs, terrasses. Ils réduisent le ruissellement global grâce à une forte capacité de stockage. Son principe est semblable aux tonneaux de pluie, mais il intègre un filtre pour supprimer toutes sortes de matière organique.
Ce système permet une réduction de plus de 50 % de la consommation de l'eau destinée à l'usage domestique. Le prix de l'installation varie entre 3000 et 5000 €. Le prix peut être amorti dans les cinq années suivant les précipitations et selon à combien s'élève votre consommation d'eau. Ces systèmes sont devenus rentables en Angleterre avec la hausse de la taxe sur l'eau.

DES SOLUTIONS COMBINÉES

En complément de cette gestion quantitative des eaux pluviales, on parle également de gestion qualitative, car il faut admettre que les eaux récoltées, ruisselées peuvent être chargées en polluants. Rentre alors en jeu le processus des plantes, choisies savamment, qui permettent d'épurer un grand nombre de molécules parfois néfastes à l'environnement.
Certaines techniques sont utilisées en statique, sur la terre ferme, d'autres solutions existent et permettent de réguler ce côté épuratoire en milieu non figé et évolutif. Pour exemple, la société Aquaterra Solutions a développé un système de radeaux flottants végétalisés.
Ils sont essentiellement utilisés pour l'épuration des eaux, l'atténuation des vagues (et donc de l'érosion), la création d'un nouvel écosystème pour la reproduction des espèces piscicoles et de la faune aquatique. Ce nouveau concept, modulaire, intéresse très vivement les pêcheurs et les chasseurs et apporte en outre une touche « verte et esthétique » recherchée par les responsables des aménagements, lacs et mares publics contribuant à une pointe de biodiversité. Ces îles permettent aussi la nidification de l'avifaune. Reliés à un lest posé au fond, ces radeaux peuvent se déplacer au gré des variations des hauteurs d'eau et des courants.

© Aquaterra Solutions

Radeau végétalisé

Toitures végétalisées

CHAPITRE 9

CONTRE L'ÉROSION, LES PLANTES «FIXATEURS» DES SOLS

Les aménagements de toute nature peuvent faire appel à des techniques de stabilisation des sols dont le rôle est essentiellement de se prémunir du phénomène naturel de l'érosion.
Ce phénomène peut être observé aussi bien sur des rivières que sur des dunes ou des collines à l'intérieur des terres.
De nombreuses sociétés de travaux publics préconisent des solutions liés à de l'enrochement bien radicales, avec des contraintes de coût et une dimension esthétique parfois en inadéquation avec l'image d'un site ou de sa réflexion générale.
Dans les milieux difficiles (montagne, falaises, terrains très rocheux, très secs, zones balayées par les vents violents), il est facile d'observer quelles sont les meilleures **plantes couvre-sol** et de comprendre leur stratégie.

Les seuls végétaux capables de protéger ces milieux, ne pouvant développer un système racinaire abondant, n'ont pas d'autre choix que de couvrir la surface.

DES SOLUTIONS SELON LES TYPES DE SOL

Certains sols sont très meubles (terrains sableux ou vaseux) ou peu riches (arène granitique), ou en pente (talus, berge). Là encore, la nature est bien faite : elle a prévu une solution en développant diverses espèces dont la fonction première est de maintenir le sol par le bas ou la surface.
Trois stratégies se présentent donc.

LE SYSTÈME RACINAIRE DENSE AVEC OU SANS RHIZOMES

Dans les milieux très meubles, très poreux, des végétaux développent un réseau très dense de racines et (ou) de rhizomes, de la surface jusqu'à une grande profondeur, si nécessaire, afin de capter les rares éléments nutritifs du substrat et l'eau d'infiltration.
L'oyat est la plante la plus célèbre à cet égard, mais le **chiendent des sables** et diverses **Cactées** (des systèmes racinaires souvent plus en surface) font de même.

LES RHIZOMES EN RÉSEAU DENSE DE SURFACE

Lorsque les milieux sont très mouvants et asphyxiants, des plantes développent un système très dense de tige de surface ou légèrement enfouis, constitué de réserves importantes.

Ces rhizomes épais se trouvent facilement chez les **iris aquatiques**, les **typhas (joncs massettes), les myscanthus, cannes de Provence** et autres grandes graminées de berges et zones inondables.

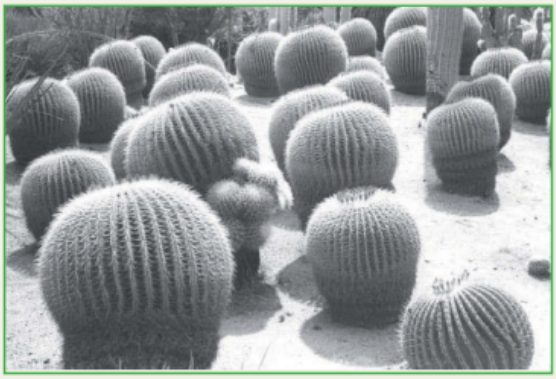
LE SYSTÈME RACINAIRE PUISSANT ET RHIZOMES COURTS

Ce sont des touffes denses de feuillage en surface, qui s'étendent de manière radiale, lentement, mais dont les mottes sont quasi indestructibles tant le système racinaire est puissant, comme chez les **joncs**, certains **carex et molinies**.

Les plantes, là encore, peuvent participer à réduire le phénomène d'érosion et laisser la nature reprendre ses droits quand elle est utilisée à bon escient.

LA VÉGÉTATION RIVULAIRE

Le ruissellement, le courant ou le batillage de l'eau déstabilisent les particules de sol et créent l'érosion superficielle qui dégénère alors en dégâts plus importants et difficiles à corriger. Pour



dissiper l'énergie de cette eau, protéger le support et renforcer l'enracinement des végétaux. Ces derniers participeront à moyen terme à la stabilité des talus et des berges.

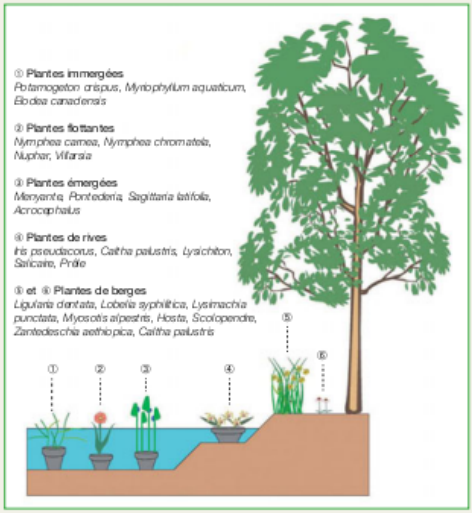
Par la structure même de leurs parties aériennes et souterraines, de même que par leur emplacement sur le profil transversal d'un cours d'eau, les végétaux fournissent des actions différentes, protectrices ou néfastes, selon les espèces. Une protection naturelle est d'autant plus efficace que les groupements rivulaires composant la couverture végétale sont adaptés à l'effet complexe de l'ensemble des facteurs écologiques.

Pour pouvoir résister aux crues, les espèces les plus touchées par ce phénomène doivent développer des systèmes de racines très performants pour leur ancrage. Ainsi, des plantes herbacées* rivulaires peuvent avoir des racines qui s'installent qui peuvent atteindre jusqu'à 2,50 mètres.

D'une manière générale, on peut énumérer de façon non exhaustive, les actions physiques de la végétation ainsi que les modes possibles d'implantation (voir figure page suivante) :

- Les plantes immergées,
- Les plantes flottantes
- Les plantes émergées
- Les plantes de rives

• Les plantes de berges



Les différents modes d'implantation des végétaux

© Création de Adev - Biozéo

Ruisseau : application du cas naturel

ACTIONS PHYSIQUES POSITIVES DE LA VÉGÉTATION

Les effets protecteurs des plantes par catégories

PLANTES AQUATIQUES OU HYDROPHYTES	
Effets protecteurs	¬ réduction de la vitesse de puissance d'érosion ; ¬ protection du lit contre l'érosion lors des crues, par plaquage des plantes au sol.

© Adev

Fascine de saules

PLANTES SEMI-AQUATIQUES OU HÉLOPHYTES	
Effets protecteurs	¬ fixation du sol sous l'eau avec leurs racines et rhizomes ; ¬ obstacle perméable formé par leurs organes aériens immergés, diminuant par frottement (frein) l'énergie du courant ou les ondes liées aux vagues ; ¬ capacité de se plier sous l'effet de la crue et de se trouver ainsi plaquées au sol pour offrir une protection sous forme de tapis.
Mode d'implantation	¬ plantation de mottes découpées, après fauchage ou non des organes aériens ; ¬ plantation de rhizonnes ; ¬ plantation de boutures (le roseau ou Phragmites australls) ; ¬ensemencement espèces r(p. ex. la Baldingère Phalaris arundinacea ou la Glycérie (Glyceria maxima) ; ¬ fascines confectionnées à l'aide de mottes.
Espèces concernées ou à utiliser	On notera particulièrement les plantes suivantes Carex sp.(laiches), Iris pseudoacorus (iris), Phalaris arundinacea (baldingère), Scirpe sp. (scirpes) ; Juncus sp. (Joncs) ; Phragmites australis (phragmites) ; Typha sp. (massette).
GROUPEMENTS D'ARBUSTES ET BUISSONS (ZONE À BOIS BLANCS)	
Effets protecteurs	
Mode d'implantation	Plantation (toutes les essences) ; boutures (saules) ; fascines (saules); tressage (saules) ; couche de branches à rejets (saules) ;

	lit de plants et *plançons (branches de saule + plants à racines nues d'autres essences) ; caisson en rondins, *végétalisé (branches de saule + plants à racines nues d'autres essences).
Espèces concernées ou à utiliser	Les essences de base sont L'Aulne, Le Saule, Le Frêne. Des essences arbustives et fruitières constituent le remplissage entre ces essences de base : Le Merisier, La Viorne, Le Fusain, Le Noisetier, Le Cornouiller.
	Pour mémoire : Salix purpurea (Saule pourpre), Salix viminalis (S. des vanniers), Salix triandra (S. à trois étamines), Salix cinerea (S. cendré), Salix aurita (S. à oreillettes), Salix atrocinerea (S. roux), Salix eleagnos (S. drapé), Salix caprea (S. marsault), Salix pentendra (S. à cinq étamines), Salix appendiculata (S. à grandes feuilles)...On évitera le saule blanc, le fragile et leurs hybrides car ils ont des développements rapides, deviennent cassants
GROUPEMENTS D'ARBRES (ZONE À BOIS DURS)	
Effets protecteurs	¬ stabilisation du sommet de berge par le système *racinaire ; ¬ capacité de remplir partiellement les rôles des arbustes et buissons lors de grandes crues ; ¬ rôle de filtre, par accumulation de matériel, des arbres tombés naturellement et restés sur place dans l'eau, et frein au courant.
Mode d'implantation	¬ plantation uniquement (procédés techniques rarement nécessaires car les zones concernées sont moins exposées à l'érosion).
Espèces concernées ou à utiliser	
GROUPEMENTS DE HAUTES HERBES OU MEGAPHORBLAIES	
Effets protecteurs	¬ protection de la couche superficielle de terre contre le ruissellement ; ¬ consolidation de la rive par stolons ou systèmes racinaires, là où les boisements ne sont pas souhaitables ; ¬ aucun soin exigé, contrairement aux prairies.

Mode d'implantation	¬ plantation de mottes ; ¬ repiquage de *stolons et rhizomes ; ¬ ensemencement.
Espèces concernées ou à utiliser	
PELOUSES ET PRAIRIES	
Effets protecteurs	¬ action réservée pour la partie supérieure des (berges) rives ; formation d'un tapis protecteur par l'enchevêtrement des racines et des *stolons ; ¬ protection active car les graminées se couchent sans offrir d'emprise à l'eau.
Mode d'implantation	¬ ensemencement à sec ; ¬ ensemencement hydraulique.
Espèces concernées ou à utiliser	Le mélange de graines employées sera à base de graminées adaptées aux terrains humides. Celui-ci devra contenir une base de ray-grass anglais de 15 à 30 %, et devra exclure toute présence d'espèces à feuilles larges dans le cas d'emploi préalable de géotextile. Les espèces préconisées sont : Phalaris mindinacea Agrostis palustrik Agrostis stolonifera Houlque laineuse Fetuque...

Précautions à prendre

Faire attention aux **espèces envahissantes** : Renouée du Japon, Amorphe buissonnante, Solidage sp, Buddiéia, Balsamine, Phitolacca, Févier d'Amérique, Ailanthe, Erable négundo, Figuier...

DES SOLUTIONS PRÉVÉGÉTALISÉES

Le **génie végétal ou la bio-ingénierie** font appel à l'utilisation des végétaux de strates et d'espèces très diversifiées. Elle a pour objectif de réparer les désordres.

DÉFINITION

Le génie végétal ou la bio-ingénierie a pour objectif de réparer les désordres.

La bio-ingénierie s'inspire des processus naturels de colonisation des milieux par la végétation.
Le génie végétal recourt aussi aux apports de la société moderne : géotextiles, géofilets coco, fascines et géonattes pré-végétalisées, engins de terrassement ou de battage …
Toute une gamme de structures tridimensionnelles intégrant des fibres, des géocellulaires ou des boudins et géonattes en fibres de coco végétalisés ont été inventées afin de résoudre des problématiques d'installation et de plantations en milieux particuliers comme les canaux, les grandes surfaces… En résumé, le végétal vient s'assembler avec des matériaux comme des grillages pour compléter l'action de ces derniers. Et obtenir le résultat attendu et pertinent. Un grand nombre de solutions existent et sont développées par des entreprises telles que Aquaterra Solutions. On parle véritablement de génie végétal.

LES BOUDINS DE COCO « NUS »

Ces fascines souples, remplies de fibres longues de coco fortement com-

pactée sont utilisées pour la filtration des sédiments sur des talus très pentus ou le long des cours d'eau pour la protection contre le batillage. Ils permettent la protection temporaire des berges. Les boudins peuvent être superposés et ancrés par des pieux en bois mais il existe d'autres solutions comme la fabrication in situ avec une couche de géotextile, une couche de natte coco, un remplissage de terre, suivi de la fermeture.
Les boudins peuvent aussi être remplis de chips ou de copeaux de coco.
Ils offrent de nombreux avantages :

- **techniques :**
  - Une mise en œuvre est plus simple, plus efficace car les boudins sont compacts, contrairement aux boudins fabriqués in situ ou à ceux remplis de chips ou de copeaux de coco.
- **en termes de développement durable :**
  - Réalisation en une seule opération, sans matériel lourd de remplissage (pelle…). De ce fait elle occasionne moins de perturbation de l'écosystème.
  - Pas besoin d'agrafes métalliques pour refermer le boudin…
- **économiques**
  - Une seule opération de mise en œuvre est plus rapide,
  - moins chère fourni/posé qu'un boudin fabriqué en place. (On a posé qu'un seul boudin à fabriquer et mettre en place).

LES BOUDINS DE COCO PRÉ-VÉGÉTALISÉS

Ce sont des boudins totalement végétalisés par les hélophytes, à raison de 8 à 10 plants/ml pour des boudins de 3 ml et 30 cm de diamètre. Ces fascines, remplies de fibres longues de coco, fournissent immédiatement la protection contre l'érosion, tout en permettant de nombreuses possibilités créatives.
Il existe des boudins de coco réalisés in situ c'est-à-dire avec une couche de géotextile, une couche de natte coco, un remplissage de terre, la fermeture et la plantation au travers est une autre option.
Il existe aussi d'autres boudins comme :

- les pré-plantés,
- les pré-végétalisés remplis de chips ou de copeaux de coco,
- les fascines de saule.

Ils offrent de nombreux avantages :

- **techniques :**
  - La mise en oeuvre est plus simple, plus efficace car les boudins sont compacts, contrairement aux fascines remplies de chips ou copeaux de coco.
  - Leur installation est possible toute l'année du fait du système radiculaire développé. Celui-ci offre en plus une reprise rapide sur le pied de berge assurant ainsi à court terme le maintien de celle-ci.
  - Les fascines étant pré-végétalisées, les plantes seront résistantes au broutage, au piétinement et à l'arrachage en cas de forte crue

contrairement aux systèmes pré-plantés ou aux boudins fabriqués in situ.
  - Huit configurations différentes permettent de répondre aux contraintes climatiques ou aux volontés esthétiques particulières.
- **relatifs au développement durable :**
  - Ils sont réalisés en une seule opération, sans matériel lourd de remplissage (pelle…), moins de perturbation de l'écosystème, et pas besoin d'agrafes métalliques pour refermer le boudin…
  - Les plantes sont plus résistantes donc moins de risque de replantation supplémentaire (impliquant du transport…).
  - Les plantes étant déjà installées, pas de déchets (godets plastiques, palettes…) superflus, surtout en bord de cours d'eau.
  - Il ne faut pas ou peu d'entretien, contrairement aux fascines de saule.
- **économiques :**
  - Une seule opération de mise en œuvre, plus rapide.
  - moins chère fourni/posé. (Elle est moins chère qu'un boudin fabriqué en place à densité de plantes équivalente.)
  - Cela ne demande pas ou peu d'entretien, contrairement aux fascines de saule.

LES GÉONATTES COCO PRÉ-VÉGÉTALISÉES

Les géonattes sont totalement végétalisées d'hélophytes à raison d'environ 20 plants/m² pour des nattes de 5 x 1 m. Ces géonattes fournissent une protection immédiate contre l'érosion tout en végétalisant le bas de berge. Elles ont un poids maximal de 50 kg. On les trouve soit :

- géotextile ou natte avec plants individuels au travers.
- géonattes pré-plantées,
- géonattes pré-végétalisées avec substrat en terreau.

Elles offrent de nombreux avantages :

- **techniques :**
  - Mise en œuvre plus simple.
  - Installation possible toute l'année du fait du système radiculaire développé. Il offre en plus une reprise rapide sur le pied de berge assurant ainsi à court terme le maintien de celle-ci.
  - Les géonattes étant révégétalisées, les plantes seront résistantes au broutage, piétinement et à l'arrachage en cas de forte crue contrairement aux plants individuels même mis en place avec un géotextile.
  - Onze configurations différentes permettent de répondre aux contraintes climatiques ou aux volontés esthétiques particulières.

Les hélophytes étant peu exigeantes en termes de substrat, le support en natte coco permet un ancrage rapide

par le système radiculaire des plantes, contrairement aux solutions présentant une couche de terreau.

En effet, dans ce cas, les systèmes radiculaires aura tendance à se développer dans ce substrat riche alors que le but est au contraire que les racines aillent s'ancrer dans la berge.

- **en termes de développement durable :**
  - La réalisation se passe en une seule opération, sans matériel lourd de mise en œuvre (pelle, palonnier…) contrairement aux solutions plus lourdes comme les géonattes avec substrat en terreau, moins de perturbation de l'écosystème, et pas besoin d'agrafes métalliques pour refermer le boudin…
  - Les plantes sont plus résistantes, ce qui signifie moins de risque de replantation supplémentaire (impliquant transport…).
  - Les plantes étant déjà installées, pas de déchets (godets plastiques, palettes…) superflus, surtout en bord de cours d'eau.
- **économiques :**
  - Une seule opération de mise en œuvre, plus rapide.
  - moins chère fournie / posée géotextile combiné à des plantes en godets à densité de plantes équivalente.
  - Pas besoin de matériel lourd pour la mise en œuvre.

LES FASCINES, FAGOTS, BOUTURES, BRANCHES, RAMILLES, PIEUX ET PIQUETS

Fagots de saule, noisetier ou châtaignier d'une longueur de 2 à 3 m et d'un diamètre de 0,2 à 0,4 m, sont solidement liés par au moins 3 sangles synthétiques. Les boutures les plus classiques sont celles de 0,8 m et de diamètre 2 à 5 cm alors que les branches de saule frais et les ramilles sont plus fines et plus longues.

Les différentes solutions existantes sont :

- les fascines coco réalisées in situ,
- les fascines coco prévégétalisées,
- les tunages bois.

Ils présentent comme avantage technique de provenir de plantations spécifiques. Issues de peuplements naturels de différentes régions de France et des pays limitrophes, nous cultivons 11 espèces de saules. Les pieux ronds, refendus ou sciés, épointés, en bois mort pour le châtaignier ou vivant pour les saules, sont disponibles dans de nombreuses combinaisons de diamètres et longueurs.

Leurs avantages en termes de développement durable sont les suivants :

- les pieux et piquets ne subissent aucun traitement.
- Les différents sites de plantations permettent d'optimiser le transport (… qu'à partir d'une certaine quantité de fournitures).

LES PLANTES PALUSTRES, HÉLOPHYTES EN GODETS, MOTTES OU MINI-MOTTES

Les mottes de fibres de coco (6 x 5 cm), ou sol naturel (12 x 6cm) spécialement pour les phragmites, sont complètement envahies par les racines des plantes. Ces petites mottes, non-lessivables, sont faciles à ancrer dans le sol. Ces plantes sont économiques et leur potentiel de colonisation est équivalent aux plantes traditionnelles. Possibilité de proposer des plantes à racines nues. Il existe aussi la solution du semis.

Les avantages sont les suivants :

- **techniques :** compacte, flexible et légère, la motte ne subit pas de dégâts lors de la manutention et du transport.
- **respect du développement durable :** elles sont livrées en caissettes ou en sachets afin de limiter les déchets, un avantage certain d'autant plus que l'on travaille en bord de cours d'eau.

LES RADEAUX VÉGÉTALISÉS

Ce sont des structures flottantes plantées d'hélophytes. Utilisés dans les lacs ou le long des berges, les radeaux sont reliés au fond, bougent au gré des vents ou de la variation de niveau. Les radeaux végétalisés aménagent les plans d'eau et créent un nouveau biotope, dissipent l'énergie des vagues, améliorent la biodiversité, épurent l'eau et limitent le développement des algues. Ces îles flottantes créent des lieux de repos et de couvaison pour les oiseaux aquatiques. Munies en sous-face à leur périphérie de grilles verticales, elles deviennent en plus des refuges pour les poissons.

Il existe aussi des radeaux en bois.

Les avantages sont les suivants :

- **techniques :**
  Eléments modulaires (2.66 x 1 m) qui se fixent les uns aux autres par un système de tenons mortaise et peuvent être assemblés sans grues pour créer diverses formes et surfaces.
- **développement durable :**
  - Modules en PEBD recyclé et recyclable à préférer aux structures en bois qui ne seront pas durables à moins d'un bois traité, aberration déontologique et écologique.
  - Pas besoin d'engins lourds de mise en œuvre (palonniers…) susceptibles de dégrader les berges et abords de plans d'eau.
- **économiques :**
  - Transport et mise en œuvre simple et rapide.
  - Peu de matériel nécessaire.

LES SOLUTIONS DE TAPIS ANTI-ÉROSIFS

LE GÉOFILET OU GÉOTEXTILE COCO

Tissés avec des fibres de coco, ces filets sont disponibles en fonction des

contraintes du site dans plusieurs maillages et grammages, notamment en H2M5 (740 g/m²) et en H2M9 (900 g/m²). D'une longueur standard de 50 m et d'une largeur de 2 m (possibilité pour de grosses quantités de conditionnement en largeur 1, 3 ou 4 m), les géofilets à étendre sur le sol, se présentent sous forme de rouleaux ou de ballots pliés et compactés. Il existe différentes solutions :

- lit de branches,
- bionattes,
- géomats…

Les avantages sont les suivants :

- **techniques :**
  - bien qu'un conditionnement en balles soit possible, il est préférable de disposer de géotextile en rouleaux. Ainsi, la mise en œuvre sur le chantier est simplifiée (il suffit de dérouler les rouleaux sur les talus).
  - de plus, on peut facilement planter des hélophytes au travers et ils fournissent protection légère mais efficace contre le batillage.
- **respect du développement durable :**
  - 100 % biodégradable.
  - Un conditionnement en rouleaux n'implique pas de déchets superflus susceptibles de « polluer » le milieu.
  - De plus, les géotextiles coco, facilement manutentionnables, ne nécessitent pas d'engins lourds pour la mise en œuvre, susceptibles de dégrader la berge ou le talus.
- **économiques :** si le conditionnement en balles est plus avantageux en termes de coût de fourniture, le gain de temps lié au conditionnement en rouleaux rend ceux-ci avantageux économiquement fournis/posés (lorsqu'ils sont fournis plutôt que posés).

LE GÉOFILET OU GÉOTEXTILE JUTE

Totalement biodégradables en 1 à 2 ans suivant les sols et l'humidité, ces géofilets de 500, 730 et 1000 g/m² avec respectivement des mailles d'environ 8, 6 et 4 mm, sont livrés en largeur de 1,22 ou 2,4 mètres pliés en balles. Possédant un haut pouvoir de rétention d'eau (3 à 4 fois son poids), ce type de filet, très souple possède une très faible résistance à l'eau.

À la différence des feutres ou bionattes, ils ne couvrent pas totalement le sol (22 à 50 %) et sont de plus en plus remplacés par des bionattes.

Il existe différentes solutions :

- Lit de branches,
- bionattes,
- géomats…

Les avantages sont les suivants :

- **Techniques :** ils permettent une stabilisation et une protection légère des talus routiers, hauts de berges, dunes, piste de ski ou golfs.
- **Respecteux du développement durable :** 100 % biodégradable.
- **Économique :** faible coût de fourniture.

LES BIONATTES, LE MULCHMAT...

Ce type de couverture facilite le développement rapide du couvert végétal. En amortissant le choc des variations thermiques entre la nuit et le jour, les bionattes d'environ 350 à 500 g/m² permettent d'accélérer la germination et la croissance de la végétation.

En limitant l'évaporation et en favorisant l'infiltration, ces paillis maintiennent l'humidité. En couvrant totalement le sol, les bionattes protègent les graines du dessèchement et de l'érosion et de l'érosion éolienne. Par leur effet amortissant, elles évitent l'érosion pluviale et la création de rigoles.

Possédant un aspect naturel, les bionattes ou paillis s'intègrent bien dans le paysage. Elles existent avec diverses compositions, constituants et masses surfaciques. Le conditionnement est en rouleaux de dimensions diverses selon le type de bionattes. Parmi les bionattes les plus « classiques », on peut citer la bionatte de type NAG C125, en remplissage 100% coco.

Il existe différentes solutions : lit de branches, géotextiles, géomats…

Les avantages sont les suivants :

- **Techniques :** Contrairement aux géotextiles qui présentent une maille plus ou moins large, les bionattes, comme leur nom l'indique, sont en nattes sans maille large. Ainsi, elles assurent une protection efficace des semis en cas de ruissellement lié aux intempéries ou de crues.
- **Respectueux du développement durable :** remplissage 100% fibres naturelles (coco) généralement maintenues par de légers filets ou grilles bio ou photodégradables et aucun besoin d'engins lourds de mise en œuvre.
- **économique :** faible coût de fourniture du fait du grammage (Bionatte type NAG C125 270 g/m²) et de mise en œuvre du fait du conditionnement (rouleaux facilement manutentionnables).

LES GÉOMATS (GÉOGRILLES TRIDIMENSIONNELLES)

Ces structures permanentes innovantes permettent la dissipation immédiate de la force érosive de la pluie et du courant et renforcent l'enracinement du couvert végétal.

Les géomats luttent contre l'érosion des talus et des berges, par renforcement mécanique permanent du système radiculaire des végétaux. Ceux-ci, constitués de grilles synthétiques peuvent intégrer des fibres végétales (par exemple le géomat type NAG C350 intégrant une couche de fibres de coco) ou synthétiques (par exemple le géomat type NAG P550 intégrant des fibres de polypropylène).

Ils sont utilisés en protection de berges ou maintien de talus sur lesquels s'exercent de fortes contraintes. Il existe différentes solutions : grilles bitumées, enrochements, béton…

Les avantages sont les suivants :

- **techniques :**
  - contrairement aux enrochements qui laissent des interstices, points faibles pour la protection de berges, le placage de ces géomats sur les berges et talus ainsi que leur structure (géogrille tridimensionnelle) leur confèrent des capacités très fortes en termes de maintien des berges et talus. En outre, leur efficacité est renforcée par la végétalisation aisée de ces géomats.
  - À titre indicatif, des tests menés en laboratoire ont montré que les tensions tangentielles admissibles étaient équivalentes pour le NAG C350 non végétalisé à celles de blocs de 76 cm d'épaisseur. Une fois végétalisé, ce même géomat équivaut à des blocs de 91 cm d'épaisseur ou à du béton.
  - Le géomat de type NAG P550 présente des valeurs encore supérieures.
  - Enfin, ces géomats sont immédiatement efficaces et ne nécessitent pas d'être recouverts de terre, opération coûteuse et inefficace en cas de crue ou d'intempéries.
- **respectueux du développement durable :**
  - Certains de ces géomats intègrent une partie en fibres naturelles 100 % biodégradables (NAG C350).
  - En outre, les grilles synthétiques sont stabilisées aux UV évitant ainsi toute désagrégation.
  - De plus, le conditionnement en rouleaux légers (17 kg pour les géomats type NAG C350 et 24 kg pour le P550) permettent une mise en œuvre sans engins lourds.
  - De même, ce conditionnement en rouleaux légers et peu encombrants (faible épaisseur notamment), permettent une livraison sur chantier limitant le nombre de camions là où les enrochements en nécessitent souvent un grand nombre.
  - Enfin, les géomats qui ne nécessitent pas de recouvrement de terre n'impliquent pas pour cette opération de pelle mécanique.
- **économiques :**
  - Coût de fourniture bien inférieur au béton ou à l'enrochement.
  - Ainsi, si des grilles tridimensionnelles « cheap » existent, les géomats de renforcement de plus haute technicité, comme ceux cités précédemment, ont en plus un coût de mise en œuvre très inférieur à celui des blocs pouvant être utilisés du fait d'une installation entièrement possible manuellement.

LES LIMITES

LIMITES DU CHOIX DES PLANTES

Dans un souci de développement durable et de moindre impact sur l'écosystème, le choix des espèces est aujourd'hui un critère fondamental préalable à la mise en œuvre d'une technique végétale. **Le prélèvement local d'espèces autochtones est une solution privilégiée.**

Toutefois, un tel prélèvement doit être effectué par des spécialistes, dans le plus strict respect d'un protocole soigneusement établi. En effet, de très (trop) nombreuses entreprises prélèvent « sauvagement » à la bêche par exemple, détériorant le milieu impactant très négativement celui-ci.

Afin d'éviter ce type de désagréments, mais aussi afin de pouvoir répondre à la forte demande de quantités de végétaux, la culture en pépinière est aujourd'hui une solution intéressante. Toutefois, afin d'éviter les « pollutions » végétales (espèces invasives et/ou indésirables…) et de limiter l'impact du transport, il est important de disposer de plusieurs sites de production et d'un grand nombre de variétés sur des espèces « classiques », les plus couramment utilisées en génie végétal.

LES SOLUTIONS PRÉVÉGÉTALISÉES

Les solutions de génie végétal prévégétalisées sont dans certains cas spécifiques à préconiser. Toutefois, il est là encore important de prendre quelques précautions. Ainsi, il est indispensable de disposer d'un système racinaire suffisamment développé pour favoriser la reprise des végétaux et ancrer ceux-ci dans la berge. De même, ce développement racinaire assure une meilleure résistance à l'arrachage par les crues ou les canards.

De plus, les hélopytes étant peu exigeantes en termes de substrat, il est primordial d'avoir un support naturel (en coco par exemple) sans terre végétale ni terreau. En effet, la réussite d'un tel système est étroitement lié à la reprise racinaire dans la berge afin, entre autre, de maintenir celle-ci. L'ajout d'une couche de substrat riche aura pour conséquence un développement préférentiel des racines dans cette couche au détriment de l'ancrage dans la berge.

LES ACTIONS PHYSIQUES

Il ne s'agit ici que des actions « négatives » d'un point de vue physique sur la berge. En contrepartie, les avantages biologiques (et parfois même physiques) que procurent les situations décrites sont très importants, parfois indispensables, au bon fonctionnement hydroécologique. D'une manière générale, les impératifs d'écoulement des crues doivent tenir compte du rôle joué par la végétation ligneuse.

Dans le lit mineur, il peut y avoir des gros troncs sans végétation périphérique buissonnante, créant des turbu-

lences très actives au pouvoir érosif dévastateur.
Une position malencontreuse d'un arbre ou d'un groupe d'arbres sur le tracé, peut provoquer également des turbulences.
Les arbres penchés et les souches trop avancées dans la section du cours d'eau peuvent provoquer des turbulences et affouillements.
Les arbres très hauts et très proches du lit possédant un enracinement superficiel peuvent, lors de grands vents, provoquer un effet de bras de levier sur la berge conduisant au déchaussement de la souche et à l'arrachement de la berge.

Autrement dit, l'efficacité des plantes est incontestable et prouvée mais certaines limites existent et doivent être prises par un choix efficace de végétaux dans une situation soit en passant par un bon connaisseur ou par une entreprise spécialisée.

SYNTHÈSE

Le présent tableau propose une liste d'espèces végétales permettant, selon le gradient d'humidité, de résoudre des problématiques de stabilisation des sols et de fait, permettant de limiter l'érosion aussi bien éolienne que liées aux rivières.

Les espèces végétales et la stabilisation des sols selon le gradient d'humidité

Sols à humidité faible	Chèvrefeuille	Lonicera	Sureau	Sambucus
	Symphorine	Symphoricarpos, symphoricarpus	Vinaigrier	Rhus glabra
	Véroniques	Hebe sp	Epine vinette	Berberis vulgaris
	Lierre	Hedera helix	Callune	Calluna vulgaris
	Hélianthème	Helianthemum nummularium	Céanothe	Ceanothus vulgaris
	Millepertuis	Hyperieum ealyeimum	Cornouillers	Cornus sp
	Pachysandre	Paschysandra terminalis	Bruyères	Erica sp
	Potentille	Potentilla frutieosa	Fusain	Euonimus fortunei
	Rosiers	Rosa sp	Génevriers	Junisperus sp
	Santolines	Santolina sp	Lavande	Lavandula angustifolia
	Séneçon	Senecio greyi	Mahonia	Mahonia aquifolium
	Symphorine	Symphoriearpos	Ronce	Rubus tricolor
	Pervenches	Venea sp	Genêt à balai	Sarothamnus seoparius
			Genêt d'Espagne	Spatinum junceum
			Ajone	Ulex europeaus
			Argousier	Sanddorn
			Aubépines	Weissdorn
				Hagäpfala
			Cornouillers	Hartriegel
				Kornelkirsche
			Neprun purgatif	Kreuzdorn
			Noisetier	Hasel
			Viorne obier	Schneeball

Sols à humidité moyenne ou plantes tolérantes			Erables	Acer
			Cornouillier	Cornus
			Spirées sp	Spirea
			Rosiers sauvages	Rosas
			Viornes	Viburnum
Sols à forte humidité	Iris sp	Iris	Saules frênes aulnes	Salix
	Ligulaire	Liguria dentata		
	Lobelie bleue	Lobelia syphilitica		
	Lysimaque	Lysimachia punctata		
	Ephémère de Virginie	Tradescanthia andersoniana		
	Myosotis	Myosotis alpestris		
	Fougère	Pteridium aquilinum		
	Hosta	Hostas		
	Scolopendre	Scolopendrium officinale		
	Grande camomille	Chrysanthemun parthenium		
	Calla	Zantedeschia aethiopica		
	Soucis d'eau	Caltha palustris		
	Aponogeton odorant	Aponogeton distachyos		
	Jonc fleuri	Butomus umbellatus		
	Populage des marais	Caltha palustris		
	Carex	Carex sp		
	Souchet odorant	Cyperus longus		
	Glycérie aquatique	Glyceria maxima		
	Pesse d'eau	Hippuris vulgaris		
	Iris des marais	Iris pseudacorus, versicolor		
	Jonc	Juncus sp		
	Menthe aquatic	Mentha aquatica		
	Baldingère faux-roseau	Phalaris arundinacea		
	Roseau commun	Phragmites australis et var		
	Menthe des cerfs	Preslia cervina		
	Renoncule flammette	Ranunculus flammula et lingua		
	Sagitaire	Sagittaria sp		
		Saururus cernuus		
	Scirpe lacustre	Scripus lacustins et var.		
		Stachys palustris		
	Massette	Typha minima et latifolia var.		

LES PLUS COURAMMENT UTILISÉES ET FACILEMENT TROUVABLES EN PÉPINIÈRES :

Acorus calamus (acore calame),
Caltha palustris (populage des marais),
Carex acuta (laîche aigüe),
Carex acutiformis (laîche des marais),
Carex nigra (laîche noire),
Carex paniculata (laîche paniculée),
Carex pendula (laîche à épis pendants),
Carex pseudocyperus (laîche faux souchet),
Carex riparia (laîche des rives),
Carex vesicaria (laîche à utricules renflés en vessie),
Cyperus longus (souchet long),
Iris pseudacorus (iris des marais),
Phragmites australis (roseau commun),
Scirpus lacustris (jonc des tonneliers),
Scirpus maritimus (scirpe maritime),
Scirpus sylvaticus (scirpe des bois),
Glyceria maxima (grande glycerie),
Phalaris arundinacea (baldingère),
Filipendula ulmaria (reine des prés),
Lythrum salicaria (salicaire),
Lysimachia vulgaris (lysimaque commune),
Stachys palustris (épiaire des marais)

Les semences : un choix efficace pour la stabilité des sols

Qu'il s'agisse du reverdissement d'un talus, de la fixation ou de la végétalisation pérenne d'une berge, un mélange efficace peut être mise en œuvre qui répondra aux particularités agronomiques et climatiques selon son exposition et la nature du substrat. Mélange de fixation, rustique ou fleuri (mélange champêtre, saxicole, sauvage ou prairie), l'engazonnement protégera les talus de l'érosion, berges ou non.
Le choix du mélange doit être fait en fonction des espèces de la zone naturelle aménagée, de sa rapidité d'installation, de l'esthétique attendue, de sa tolérance à la sécheresse ou à l'ombre,

ALLER PLUS LOIN

Selon Aquaterra Solutions, plusieurs mélanges existent et sont fabriqués à la demande :
Le mélange « Bas de berge » est composé notamment de Ray grass anglais, Fétuques, Pâturin, Agrostide, Lotier et Luzerne. Ce mélange est adapté aux zones humides ; il convient très bien en berges humides et supporte l'immersion provisoire.
Le mélange « Berge supérieure » est composé notamment de Ray grass anglais, Fétuques, Pâturin, Trèfles, Pimprenelle, Plantain, Lotier et Achillée. Ce mélange est adapté aux zones continentales ; Il a un fort pouvoir de fixation des sols et une forte tolérance au manque de lumière.
Le mélange « Talus » est composé notamment de Ray grass anglais, Fétuques, Dactyle, Lotier, Plantain, Sainfoin et Achillée. Ce mélange est adapté aux zones sèches ; Il a un fort pouvoir de fixation des sols et très haute résistance à la sécheresse.

de sa résistance aux maladies et au piétinement et de sa pérennité.
Ces compositions permettent d'avoir un verdissement rapide, une bonne adaptation à l'environnement (humidité, sécheresse, qualité de sol), un entretien nul ou limité à deux fauches par an.

Les périodes optimales de semis sont : le printemps et l'automne. On peut semer de fin février à fin avril et de septembre à mi-décembre pour le sud de la France ; de fin mars à fin mai et d'août à mi-novembre pour le nord de la France.

CHAPITRE 10

LA GESTION DES EAUX USÉES

Une très importante bibliographie et de nombreux textes existent sur le sujet. Ils s'appliquent aussi bien à l'échelle d'un particulier qu'a une collectivité. Une synthèse générale va nous permettre de mieux comprendre les enjeux du génie végétal et de la gestion des eaux usées. Elle nous donnera les clés de réussite d'un tel projet.

Nous avons vu auparavant que les plantes sont capables de dépolluer l'eau. Maintenant l'application réalisée réside dans la gestion de nos eaux usées, soit à l'échelle collective soit à l'échelle individuelle (la maison).

TRAITEMENT DES EAUX USÉES ET FILTRE PLANTÉ DE ROSEAUX

Dans la zone occidentale, l'outil utilisé le plus couramment pour le traitement de ces eaux usées où les plantes, et notamment la phragmite, interviennent est le « **filtre planté de roseaux** ».
Ce procédé a notamment été mis au point en France par le Cemagref à partir d'un modèle d'origine allemande conçu par le Dr Seide ; quelques unités ont été implantées en France au cours des années 1970-80. Diverses améliorations visant à simplifier la filière et fiabiliser son fonctionnement ont été apportées afin de développer le procédé. Déjà largement utilisé pour le traitement des eaux usées de petites collectivités, le procédé d'assainissement par filtres plantés de roseaux a été adapté à l'assainissement individuel.

LE CAS DES COLLECTIVITÉS

Ce procédé épuratoire consiste à infiltrer des eaux brutes dans un milieu granulaire insaturé sur lequel est fixée la biomasse épuratrice.

LE FONCTIONNEMENT DU PROCÉDÉ ÉPURATOIRE

Le traitement est effectué sur plusieurs étages en série (en général deux) constitués en général de trois surfaces élémentaires en parallèle et fonctionnant en alternance.

Les filtres verticaux alimentés par bâchées et par immersion temporaire de la surface permettent un renouvellement de l'atmosphère du massif par convection; ils fonctionnent ainsi en conditions insaturées, aérobies comme les filtres à sables verticaux souterrains ou les bassins d'infiltration percolation.

La caractéristique principale de ce type d'épuration réside dans le fait que les filtres du premier étage de traitement, dont le massif actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec les eaux usées brutes dégrillées (sans décantation préalable). Cela évite à la commune de gérer les boues primaires qui présentent une stabilisation imparfaite.

Les processus épuratoires sont assurés par des microorganismes fixés, présents dans le massif filtrant mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration.

Le deuxième étage de traitement, dont le massif filtrant est majoritairement constitué de sables, complète le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que de l'oxydation des composés azotés.

L'effluent brut est réparti directement sans décantation préalable, à la surface du filtre, il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), un traitement chimique (absorption – complexation) et un traitement biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées.

L'oxydation de la matière organique s'accompagne d'un développement bactérien qui doit être régulé pour éviter un colmatage biologique interne. L'autorégulation de la biomasse est obtenue grâce à la mise en place de plusieurs massifs indépendants alimentés en alternance.

Pendant les phases de repos, le développement des bactéries, placées en disette, est réduit par la prédation et la dessiccation.

LES FONCTIONS D'UN TRAITEMENT DES EAUX USÉES PAR LA PRÉSENCE DE ROSEAUX

La présence de roseaux contribue à :

- Empêcher la formation d'une couche colmatante en surface liée à l'accumulation des matières organiques retenues par filtration mécanique.
- Favoriser le développement de microorganismes cellulolytiques, lesquels contribuent (au même titre que les rhizomes, racines, radicelles mais aussi lombrics) à une minéralisation poussée de la matière organique avec formation d'une sorte de terreau parfaitement aéré et de perméabilité élevée.

- Assurer une protection contre le gel dans la mesure où les massifs en hiver sont couverts par la végétation.
- Créer de l'ombre et donc maintenir une hygrométrie contribuant à la formation d'une biomasse bactérienne.
- Accroître la surface de fixation des microorganismes par le développement racinaire. De plus, il semblerait que les tissus racinaires et leurs exsudats constituent des niches plus accueillantes que des substrats inertes car un sol planté est biologiquement plus riche et actif qu'un sol nu.
- Participer à l'intégration paysagère des dispositifs.

LE CAS DE L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL

LE PRINCIPE

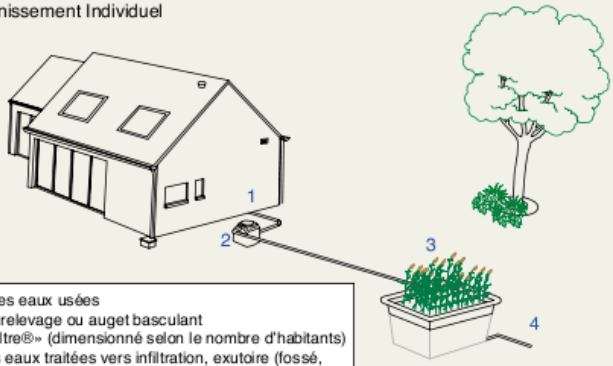
Dans le cas individuel, le principe est assez simpliste car les eaux usées sont prétraitées par une fosse toutes eaux et un préfiltre qui permet d'éviter l'envoi accidentel de matières colmatantes sur le lit. L'eau n'est pas apparente, elle circule horizontalement sous la surface du lit constitué de graviers.

LES FONCTIONS

Les roseaux (*phragmites*) assurent 4 fonctions :

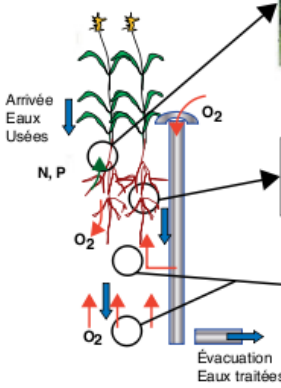
- Les plantes assimilent les nutriments (nitrates et phosphates) pour leur propre développement, et participent activement à l'épuration.
- La zone de racines (rhizosphère) est un support privilégié pour les microorganismes épurateurs. L'oxygène élaboré par photosynthèse au niveau des feuilles est restitué dans le lit par les racines ; et utilisé par les bactéries aérobies, qui sont les plus efficaces pour l'épuration.
- Les racines ont un rôle de maintien de la structure du lit, et permettent d'éviter les risques de colmatage et de circulation préférentielle.
- En période estivale, bien ensoleillée, la perte en eau par évapotranspiration (évaporation + consommation d'eau des plantes) peut atteindre 10 litres par m^2 de lit. Ce phénomène permet de limiter considérablement la quantité de rejets à la période où les ruisseaux sont à leur plus bas niveau.

Schéma de principe de la filière Ecophyltre®
pour l'Assainissement Individuel

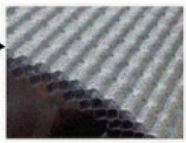


1 - Arrivée des eaux usées
2 - Poste de relevage ou auget basculant
3 - « Ecophyltre® » (dimensionné selon le nombre d'habitants)
4 - Rejet des eaux traitées vers infiltration, exutoire (fossé, ruisseau…) ou stockage pour réutilisation

Rôle principal des roseaux : favoriser le drainage et l'aération.



BACTÉRIES ÉPURATRICES
Fixées sur rhizomes et matériau filtrant (Mayennite®)
Matière organique + $O_2 \rightarrow CO_2 \rightarrow H_2O$



Structure alvéolaire reliée aux cheminées d'aération pour l'apport d'oxygène dans toutes les couches de traitement, sert également de drainage dans le fond du bassin.

© Document extrait et fourni par entreprise Voisin

CHAPITRE 11

LES PISCINES NATURELLES

Toute cette réflexion ne serait pas complète sans l'application de cette thématique aux nouvelles conceptions de baignades et de piscines naturelles. Par cette terminologie, il est entendu que l'épuration est organisée par les plantes sans aucun traitement chimique.

LA PISCINE NATURELLE COMME SYSTÈME D'ÉPURATION

Ce nouveau mode de conception permet de laisser libre cours à la richesse de la création artistique car on ne pense plus forcément piscine mais plutôt jardin. Toute la différence part de là ! S'il est bien pensé, bien crée, un jardin peut être utilisé, parcouru, admiré toute l'année : à la condition de bien de sélectionner les plantes cohérentes au projet.

Dans cette schématique, ce qui est important de retenir est la notion d'épuration par les plantes. Elle est juste appliquée sur un concept en plein développement où chacun essaye de retrouver des valeurs naturelles : baignade en eau pure naturelle…

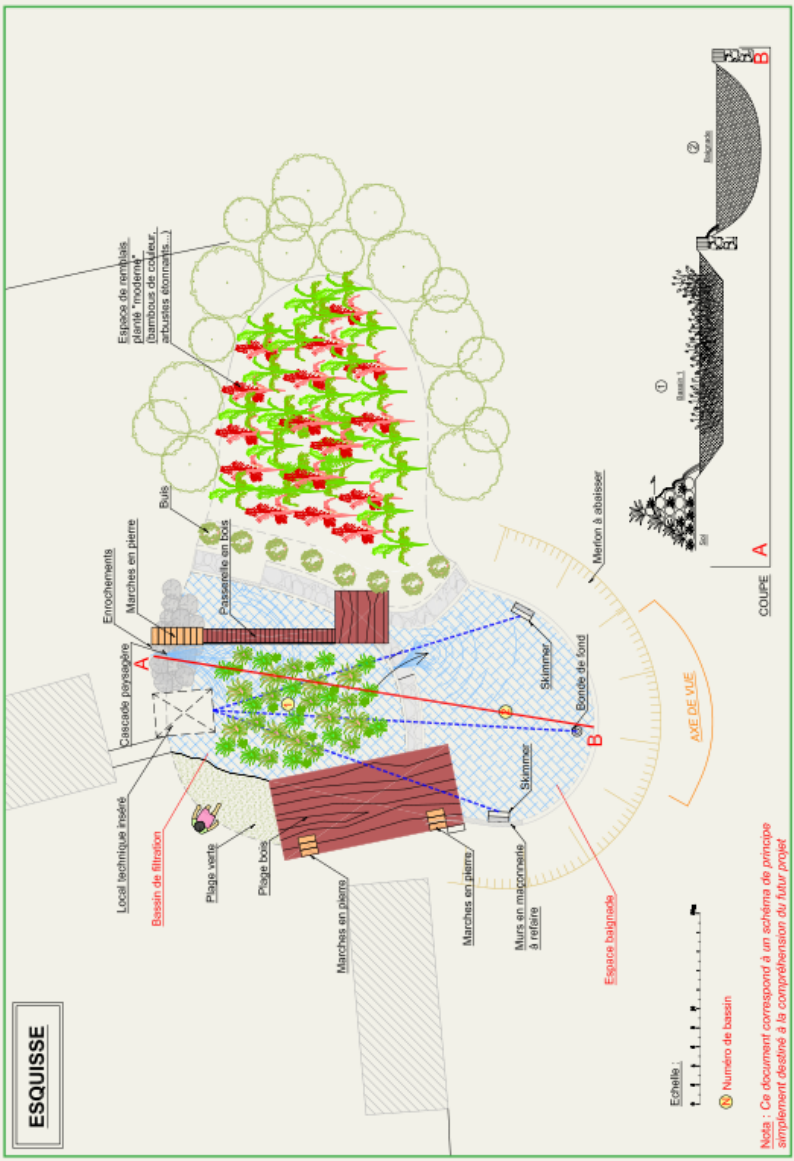
DÉFINITION

Un espace de baignade naturelle c'est avant tout une pièce d'eau viabilisée, un espace arboré et un système d'épuration proche du biotope naturel.

Tout d'abord, le concept allie l'eau avec le jardin dans un projet paysager à part entière où chaque aménagement est unique.

ALLIER L'EAU ET LE JARDIN

Allier l'eau et le jardin représent des avantages certains, de quatre ordres différents : esthétique, écologique, sanitaire et économique.
Le concept de bassin de baignade naturelle **s'intègre dans un jardin** existant ou à créer. Il allie l'eau avec le jardin, dans un lieu **vivant toute l'année**.
Le bassin qui se transforme au gré des saisons et évolue d'année en année est un lieu d'observation et de détente.
Le principe de baignade naturelle est écologique puisqu'il utilise un procédé



Esquisse d'une piscine naturelle
© Biotec

d'épuration **proche du biotope naturel** et ne nécessite aucun produit chimique.
La baignade naturelle est aussi remarquable pour sa **faible consommation d'eau**.
La santé et le confort des baigneurs sont préservés par l'**absence de produits chimiques chlorés dans l'eau** ce qui permet d'éviter irritations de la peau et des yeux, asthme, allergies ...
L'eau est entièrement recyclée, seul un complément est nécessaire pour compenser l'évaporation naturelle.

De plus, ce concept ne nécessite pas l'achat de produits chimique souvent très coûteux en retrouvant le plaisir et la fraîcheur d'une eau naturelle

© Biotec

Exemples de baignades naturelles épurées par les plantes

POSTFACE

LES NOUVEAUX HORIZONS DU GÉNIE VÉGÉTAL...

Il est évident qu'à la lecture des possibilités d'intervention de la plante au service de notre quotidien, un monde complexe se dégage. Chaque situation est différente et fait appel à une analyse particulière.

Un cabinet de conseil en développement durable doit pouvoir assurer ce rôle d'accompagnement et de choix de solutions pertinentes.

Il est évident que la réflexion de choisir l'application des plantes dans une problématique de développement durable n'en est qu'à ses débuts. Bon nombre d'innovations vont encore voir le jour dans les années futures créant ainsi une richesse sociale non négligeable : la création d'emplois notamment.

Deux types de métiers se dégagent et vont se développer :

- Le cabinet de conseil spécialiste en développement durable
- L'entreprise, applicatrice de solutions techniques

Jusqu'à l'heure actuelle, le discours sur la plante ou le végétal est plutôt majoritairement orienté vers la fonction paysagère et esthétique. Nous pensons donc à la lecture d'expériences, qu'il faut développer et amplifier un tout autre argumentaire : **le végétal a un rôle plus large sur la santé, le social, l'environnement.**

Les plantes au service du développement durable participent par leur choix au traitement des espaces pollués, du sol, de l'eau et de l'air.

Leurs capacités épuratoires permettent la dépollution de ces milieux, en particulier à partir du principe de la phytoremédiation.

Par ailleurs, un choix approprié des plantes permet une gestion économique de la ressource en eau tout en favorisant la biodiversité des milieux.

En effet, la pénurie de la ressource en eau doit nous inciter à être vigilants sur son utilisation et à encourager toutes les techniques permettant de l'économiser.

Les pouvoirs publics, les bureaux d'études, les centres de Recherche et les collectivités ont engagé de nombreuses expériences de méthodes alternatives dans le cadre de la dépollution de sites, du traitement de l'eau et de l'air intérieur, ainsi que de la gestion de la ressource en eau.

Des méthodes sont d'ores et déjà en place, dont on commence à mesurer les aspects positifs, dans un objectif de préservation des milieux naturels.

Toutefois, rien n'est vraiment affirmé par les gouvernements, on parle d'espace vert, de nature en ville… On reste flou, trop vague sans réelle prise en compte de l'élément principal : le végétal à vocation d'utilité qui doit devenir une pièce maîtresse, comme une bouche d'incendie ou le lampadaire dans le quartier. D'ailleurs, on comprend à la lecture de cet ouvrage que le choix et l'application d'une espèce vers une problématique peut vite devenir complexe et que le paysagiste ne peut à lui seul résoudre ou mettre en place une telle démarche. Cette prise de conscience et cette démarche relève plus de compétences d'urbanisme et de construction durables, où il faut différencier le concepteur du projet (valable aussi bien chez un particulier que pour un projet public) de l'entreprise de paysage qui va réaliser les travaux. Le végétal en ville ou en campagne est trop souvent traité par des gens dont ce n'est pas le métier.

Bien souvent, les deux sont confondues et les résultats escomptés pas toujours au rendez-vous, le métier de consultant a donc logiquement de belles années devant soi…

Ce recueil de données doit déjà permettre d'utiliser un tel outil au quotidien aussi bien pour des particuliers que les collectivités : des exemples de plantes, des principes d'aménagement et des espèces végétales permettent de trouver une plante pour un problème donné.

PARTIE 4

ALLER PLUS LOIN

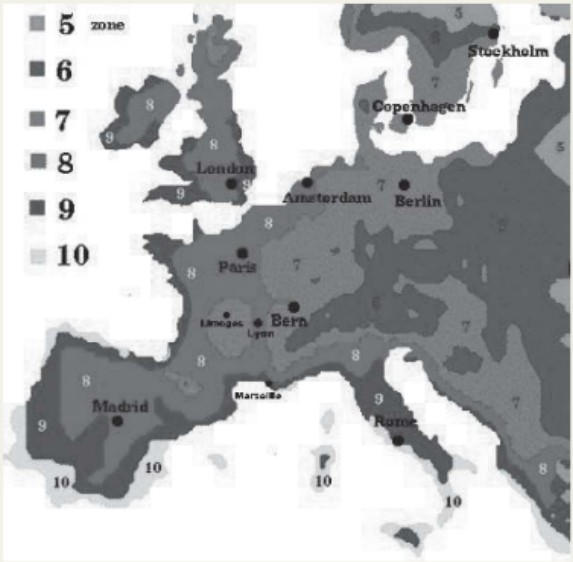
ANNEXE 1

PLANTES SUSCEPTIBLES DE DÉPOLLUER L'EAU

Remarque : attention à l'invasion de certaines espèces végétales, se renseigner auprès d'un botaniste.

Ci-dessous se trouvent les principales plantes susceptibles d'accumuler et de traiter certains éléments, ainsi que leurs conditions d'implantation.
Les zones de rusticité sont définies par la température minimale l'hiver

1	-45
2	-45 à -40
3	-40 à -34
4	-34 à -29
5	-29 à -23
6	-23 à -17
7	-17 à -12
8	-12 à -7
9	-7 à -1
10	-1 à 5
11	+ de 5

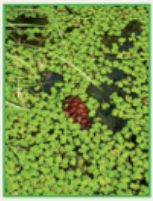


Nom commun : herbes aux écouvillons	
Nom latin :	pennisetum alopecuroides
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	déphosphatante
Floraison :	fin d'été ou automne, décorative une partie de l'hiver
Couleur :	épis en goupillons cylindriques rosés ou beige argenté, ornés d'un petit toupet blanc
Hauteur :	de 0.50 à 0.80
Plantation :	printemps
Sol :	sec ou frais, drainé, neutre ou pauvre
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	soleil, supporte le vent et les embruns.
Zone :	7
Nom commun : cheveux d'Ange	
Nom latin :	stipa tenuifolia
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dépollue les métaux lourds, de l'azote, du phosphore et assure une désinfection
Floraison :	fin d'été et automne
Couleur :	longs épis soyeux jaune blond pâle, qui oscillent au moindre souffle
Hauteur :	0.40 à 0.60m
Plantation :	printemps de préférence ou automne
Sol :	tous sols secs et drainés, même pauvres et caillouteux
pH :	acide, neutre
Emplacement :	soleil. Accepte le vent et les embruns.
Zone :	7

Nom commun : roseau	
Nom latin :	phragmites australis
Famille :	Poaceae
Capacité - Rôle :	permet une épuration par filtration, favorise le développement des micro-organismes qui participent à la dégradation des hydrocarbures et à la précipitation des métaux lourds sous formes oxydés
Floraison :	fin de l'été-début de l'automne (août-septembre). Panicule (20 à 30cm) plumeux, soyeux légèrement pendant, composé de nombreux épillets (+ ou - 12mm) réunis en grappe
Couleur :	brun-violet pourpre virant progressivement au jaune paille
Hauteur :	1-3 m, voir plus
Plantation :	en conteneur immergé pour limiter l'envahissement
Sol :	tout type de sol inondé, humide
pH :	neutre
Emplacement :	soleil
Zone :	4-11

Nom commun : stipa géante	
Nom latin :	stipa gigantea
Famille :	Poaceae
Capacité - Rôle :	dépollue l'azote, le phosphore
Floraison :	fin de printemps et été
Couleur :	hampes dressées portant de longs (0,20 m.) épis retombants, vaporeux et argentés
Hauteur :	0.50 (touffe de feuilles) à 2 m. (épis)
Iantation :	printemps de préférence ou automne
Sol :	normal, argileux, calcaire, sableux, terre de bruyère, riche en humus
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	soleil
Zone :	7

Nom commun : massette à larges feuilles	
Nom latin :	typha latifolia
Famille :	Typhaceae
Capacité – Rôle :	effectue une sédimentation, dépollue les polluants riches en sol et en hydrocarbures et les métaux lourds
Floraison :	en été, bisexuée. Les fleurs femelles formant un épis cylindrique, velouté en forme de quenouille qui a maturité éclate laissant débordé une bourre soyeux
Couleur :	marron foncé
Hauteur :	1 à 2 m
Plantation :	toutes saisons et selon climat
Sol :	tout type de sol humide
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	soleil, mi-ombre
Zone :	4-10
Nom commun : bambou	
Nom latin :	bambusa
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dépollue l'azote et le phosphore
Floraison :	en épillets à l'aisselle des feuilles, Certains n'ont jamais été vu en fleurs.
Couleur :	les chaumes peuvent être vert, jaune, tigré, noir
Hauteur :	18 à 20 m
Plantation :	
Sol :	léger, drainé, frais
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement:	soleil
Zone:	7-11

Nom commun : Lemna ou Lentille d'eau	
Nom latin :	lemna minor L
Famille :	Lemnaceae
Capacité - Rôle :	dans les stations d'épuration, elles sont employées pour déphosphater les eaux usées ou diminuer les odeurs des lisiers.
Floraison :	difficilement repérable à l'oeil nu, en bordure des frondes 1 à 2 fleurs avec spathe
Couleur :	verte
Hauteur :	
Plantation :	printemps
Sol :	plante aquatique
pH :	acide
Emplacement :	soleil ou mi-ombre indifféremment.
Zone :	4-11
Nom commun : miscanthus sacchariflorus	
Nom latin :	miscanthus sacchariflorus
Famille :	Poaceae
Capacité - Rôle :	dégrade les matières en suspension (MES), dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection
Floraison :	fin d'été et automne, persistant l'hiver
Couleur :	panicules nacrées, changeantes : argentées, roses, pourprées, beige doré
Hauteur :	de 1.30 à 2.50m
Plantation :	printemps
Sol :	normal, sableux
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	soleil. Accepte le vent et les embruns.
Zone :	5-10

Nom commun : hakonechloa macra «aureola»	
Nom latin :	hakonechloa macra «aureola»
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dépollue l'azote, le phosphore et assure une désinfection
Floraison :	été
Couleur :	légers épillets jaunes
Hauteur :	0.30 à 0.40m
Plantation :	printemps
Sol :	normal, sableux, riche en humus
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	mi-ombre de préférence ou soleil en sol toujours frais
Zone :	6
Nom commun : glycérie	
Nom latin :	glyceria maxima
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dépollue l'azote, le phosphore et assure une désinfection
Floraison :	en été (juillet à septembre), en panicule d'épillets hermaphrodites
Couleur :	brun verdâtre
Hauteur :	0.60 à 1.50m
Plantation :	toutes saisons et selon climat
Sol :	normal, argileux, calcaire, terre de bruyère, riche en humus
pH :	acide,neutre , alcalin
Emplacement :	soleil, mi-ombre
Zone :	5 - 9. Tolère aisément -20°C.

Nom commun : impérata cylindrique, paillote	
Nom latin :	imperata cylindrica «rubra
Famille :	Poaceae
Capacité - Rôle :	déphosphatante
Floraison :	à la fin de l'été début de l'automne (juillet à septembre selon le climat), petits panicules (+ou - 5cm) à épillets plumeux et sessiles sans fructification
Couleur :	blanc argenté (épillets plumeux)
Hauteur :	0.50-0.75 à 1m
Plantation :	selon le climat au printemps ou à l'automne
Sol :	normal, sableux, riche en humus
pH :	acide, neutre, alcalin
Emplacement :	soleil ou mi-ombre, elle a besoin de soleil pour faire chanter les couleurs.
Zone :	8-12. Tolère aisément -15°C

Nom commun : carex à épis pendants	
Nom latin :	carex pendula
Famille :	Cyperaceae
Capacité - Rôle :	dépollue l'azote, le phosphore
Floraison :	fin du printemps, début de l'été, à l'aisselle des bractées, unisexué.
Couleur :	verdâtre, utricule mûr noirâtre avec écailles rouge-brunâtre
Hauteur :	0,80 à 1,50 m et plus à l'époque de la floraison
Plantation :	au printemps
Sol :	normal, riche en humus
pH :	neutre, acide, alcalin
Emplacement :	légèrement ombragée
Zone :	5

Nom commun : roseau de Chine « zebrinus »	
Nom latin :	miscanthis sinensis «zebrinus»
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dégrade les MES, dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection
Floraison :	fin d'été et automne, persistant l'hiver
Couleur :	panicules nacrées, changeantes : argentées, roses, pourprées, beige doré...
Hauteur :	de 1.30 à 2.50m
Plantation :	printemps
Sol :	normal
pH :	
Emplacement :	soleil. Accepte le vent et les embruns.
Zone :	5-10
Nom commun : fétuque bleue	
Nom latin :	festuca glauca
Famille :	Poaceae
Capacité – Rôle :	dépollue l'azote, le phosphore
Floraison :	du printemps à l'été (avril - juillet selon climat). Inflorescences hermaphrodites composées d'épillets aplatis pédicellés, groupés par 2/4
Couleur :	épillets aux reflets violacés virant au blond paille en été
Hauteur :	0.15 à 0.25m, en fleurs 0.30 à 0.50m en tout sens
Plantation :	à l'automne ou au printemps, en prenant soin de les espacer de 20 à 30 cm, compter 8 à 10 godets au m²
Sol :	normal, argileux, calcaire, sableux
pH :	neutre, acide, alcalin
Emplacement :	soleil ou mi-ombre (à besoin de quelques heures de soleil par jour)
Zone :	4-10 tolère sans problème de fortes gelées entre - 15 et -20°C, une fois installée bonne résistance à la sécheresse, accepte le vent et les embruns.

Nom commun : ligulaire	
Nom latin :	ligularia japonica
Famille :	Asteraceae
Capacité - Rôle :	dépollue les métaux lourds, l'azote, le phosphore et assure une désinfection bactériologique.
Floraison :	du milieu à la fin de l'été
Couleur :	jaune
Hauteur :	0.9-1.8 m (selon les variétés)
Plantation :	printemps ou automne
Sol :	frais et humide
pH :	neutre
Emplacement :	ensoleillé ou mi-ombragé
Zone :	3 ou 4
Nom commun : myriophylle	
Nom latin :	myriophyllum aquaticum
Famille :	Halorragidaceae
Capacité - Rôle :	oxygénante
Floraison :	en été (juin à septembre). Petites fleurs réunies en épis
Couleur :	verte
Hauteur :	0.30 à 1 m
Plantation :	au printemps. Il faut au moins 20 cm d'eau, compter 4/5 pieds au 1 m².
Sol :	humifère
pH :	neutre
Emplacement :	soleil ou mi-ombre
Zone :	3 - 10

Nom commun : nénuphar	
Nom latin :	nymphaea
Famille :	Nymphéaceae
Capacité – Rôle :	oxygénante
Floraison :	été
Couleur :	rose,blanc, jaune, rouge, orange
Hauteur :	c'est de profondeur qu'il faut parler ici : choisir les plants en fonction de la profondeur du bassin ici 45 à 100 cm de hauteur immergée
Plantation :	printemps
Sol :	riche
pH :	neutre
Emplacement :	soleil
Zone :	7-10
Nom commun : tournesol	
Nom latin :	helianthus annus
Famille :	Asteraceae
Capacité – Rôle :	accumulatrice de Pb
Floraison :	de l'été à l'automne (fin juin/début juillet à octobre suivent le climat).
Couleur :	jaune d'or, fleurons du cœur jaune foncé à brun pour l'espèce type
Hauteur :	2 à 3 m (jusqu'à 6 m).
Plantation :	au printemps en prenant soin d'espace les plants d'au moins 30 à 50cm, n'aime pas être déplacée.
Sol :	ordinaire, profond, riche
pH :	neutre, alcalin

Emplacement :	plein soleil
Zone :	4-11
Nom commun : armérie maritime	
Nom latin :	armeria maritima
Famille :	Plombaginaceae
Capacité - Rôle :	accumulatrice de Zn, Cd, Cu et Pb
Floraison :	printemps ou été
Couleur :	rose
Hauteur :	0.15-0.2 m
Plantation :	printemps ou automne
Sol :	tous types de sol
pH :	acide, neutre
Emplacement :	soleil, supporte bien le vent, partiellement les embruns.
Zone :	4-9

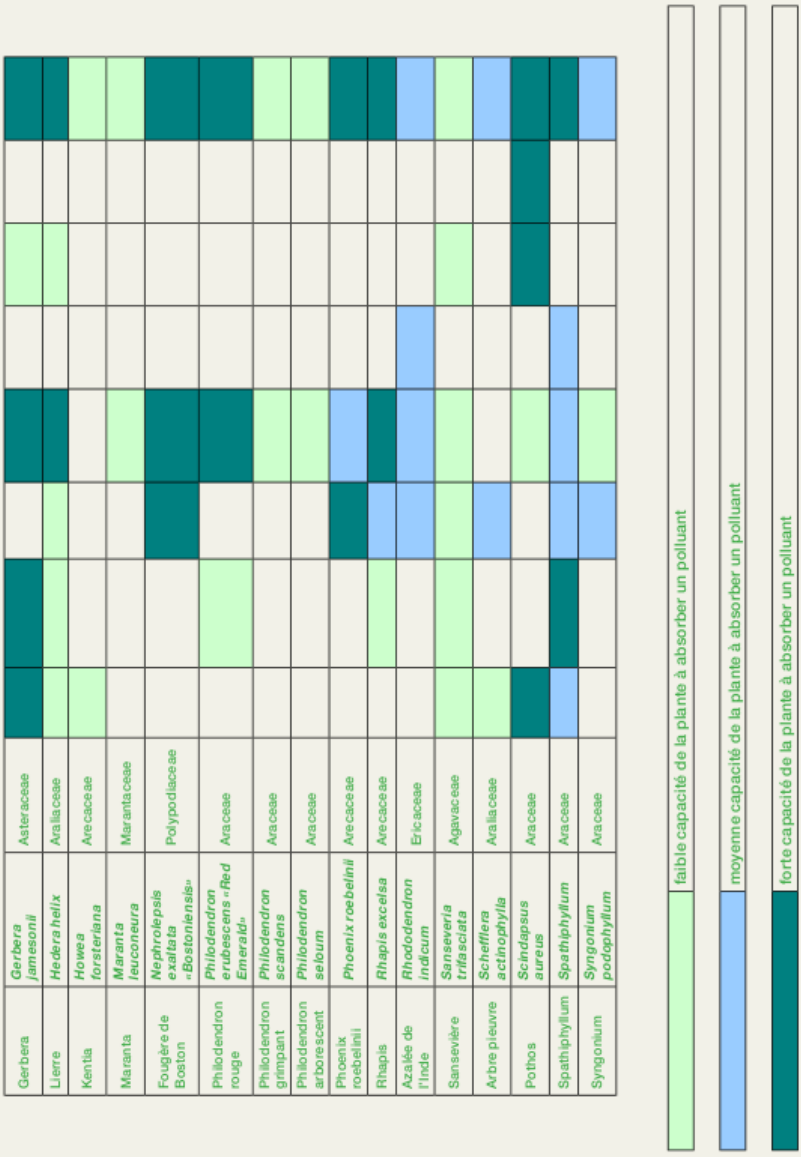
ANNEXE 2

CAPACITÉ DES PLANTES À PURIFIER L'AIR INTÉRIEUR

(source : Wolverton, NASA,Phytair)

Le tableau des pages suivantes répertorie les différentes plantes utilisées en fonction des polluants et expose leur efficacité.

Plantes - Traitement de l'air intérieur			Benzène	Trichloréthylène	Xylène	Formaldéhyde	Ammoniac	Toluène	Monoxyde de carbone	Efficacité
Nom commun	Nom latin	Famille								
Aglaonema	*Aglaonema commutatum*	Araceae								
Anthurium	*Anthurium andreanum*	Araceae								
Pin de Norfolk	*Araucaria heterophylla*	Araucariaceae								
Bégonia	*Begonia x hemialis*	Begoniaceae								
Palmier nain	*Chamaedorea elegans*	Arecaceae								
Palmier bambou	*Chamaedorea seifrizii*	Arecaceae								
Plante araignée	*Chlorophytum comosum*	Liliaceae								
Aréca	*Chrysalidocarpus lutescens*	Arecaceae								
Chrysanthème	*Chrysanthemum x*	Asteraceae								
Cyclamen de Perse	*Cyclamen persicum*	Primulaceae								
Dracaena «Janet Craig»	*Dracaena deremensis «Janet Craig»*	Agavaceae								
Dracaena «Warneckii»	*Dracaena deremensis «Warneckii»*	Agavaceae								
Dracaena fragant	*Dracaena fragans «Massangeana»*	Agavaceae								
Dracaena marginé	*Dracaena marginata*	Agavaceae								
Poinsettia	*Euphorbia pulcherrima*	Euphorbiaceae								
Figulé à feuilles de sabre	*Ficus maclellandii 'Alii'*	Moraceae								
Figuier pleureur	*Ficus benjamina*	Moraceae								
Ficus elastica	*Ficus elastica «decora»*	Moraceae								


Gerbera
Lierre
Kentia
Maranta
Fougère de Boston
Philodendron rouge
Philodendron grimpant
Philodendron arborescent
Phoenix
Rhapis
Azalée de l'inde
Sansevière
Arbre pieuvre
Pothos
Spathiphyllum
Syngonium
Gerbera jamesonii
Hedera helix
Howea forsteriana
Maranta leuconeura
Nephrolepsis exaltata "Bostoniensis"
Philodendron erubescens "Red Emerald"
Philodendron scandens
Philodendron selloum
Phoenix roebelinii
Rhapis excelsa
Rhododendron indicum
Sanseveria trifasciata
Schefflera actinophylla
Scindapsus aureus
Spathiphyllum
Syngonium podophyllum
Asteraceae
Araliaceae
Arecaceae
Marantaceae
Polypodiaceae
Araceae
Araceae
Araceae
Arecaceae
Arecaceae
Ericaceae
Agavaceae
Araliaceae
Araceae
Araceae
Araceae
faible capacité de la plante à absorber un polluant
moyenne capacité de la plante à absorber un polluant
forte capacité de la plante à absorber un polluant

ANNEXE 3

ESPÈCES VÉGÉTALES ÉCONOMES EN EAU

GRAMINEES	
Nom commun	Nom latin
Fétuque élevée	*Festuca Arundinacéa*
Ray gras anglais	*Lolium perenne*
Aristida pungens	*Aristida pungens*
pâturin des prés	*Poa pratensis*
Pennisetum dichotomum	*Pennisetum dichotomum*
Gazon des Mascareignes	*Zoysia tenuifolia*
Achnatherum hymenoides	*Achnatherum hymenoides*
Andropogon ternarius	*Andropogon ternarius*
Bouteloua gracilis	*Bouteloua gracilis*
Erasgrostis curvula	*Erasgrostis curvula*
Fétuque bleue	*Festuca glauca*
Avoine sempervirente	*Helictotrichon sempervirens*
Koeleria macrantha	*Koeleria macrantha*
Muhlenbergia capillaris	*Muhlenbergia capillaris*
Schizachyrium scoparium	*Schizachyrium scoparium*
Faux sorgho penché	*Sorghastrum nutans*
Sporobole à glumes inégales	*Sporobolus heterolepis*
Chien Dent Pied de Poule	*Cynodon dactylon santana*
Muhlenbergia rigens	*Muhlenbergia rigens*
Faux Kikuyu	*Stenotaphrum secundatum*
Cynodon «Santa Anna»	*Cynodon «Santa Anna»*

LES ARBUSTES...

ARBUSTES	
Nom commun	Nom latin
Verveine nodiflore	*Lippia nodiflora*
Germandrée petit chêne	*Teucrium chamaedrys*
Fusain nain	*Euonymus japonicus "Micropyllus"*
Fusain nain panaché	*Euonymus japonicus "Micropyllus variegatus"*
Bambou sacré	*Nandina domestica "Fire power"*
Romarin officinal	*Rosmarinus officinalis "Brostatus"*
Filaire à feuilles étroites	*Phillyrea angustifolia*
Buis toujours vert	*Buxus sempervirens "suffruticosa"*
Lavande	*Lavandula angustifolia*
Sauge officinale à feuilles panachées	*alvia officinalis "Icterina"*
Ronce sans épine	*Rubus "Betty Ashburner"*
Pin nain des Montagnes	*Pinus mugo "mughus"*
Genêt de Lydie	*Euonymus fortunei "coloratus" Genista lydia*
Ciste pourprée	*Cistus X purpureus*
Ciste rose	*Cistus "Silver Pink"*
Véronique	*Hebe "Wiri charm"*
Santoline	*Santolina virens*
Laurier rose	*Nerium oleander*
Lilas des Indes	*Lagerstroemia indica*
Lin de Nouvelle Zélande	*Phormium*
Tamaris	*Tamarix*
Arbousier	*Arbutus unedo*
Buis de Mahon	*Buxus balearica*
Callistemon	*Callistemon*
Cotoneastre	*Cotoneaster franchetii*
Eléagnus	*Eleagnus*
Escallonia	*Escallonia*

Pittospore	*Pittosporum*
Coronille	*Coronilla glauca*
Teucrium fruticans	*Teucrium fruticans*
Figuier de Barbarie	*Opuntia ficus-indica*
Laurier noble	*Laurus nobilis*
Genevrier commun	*Juniperus communis*
Olearia	*Olearia Scillonensis*
Perovskia	*Perovskia atriplicifolia*
Grévilléa juniperina	*Grevillea juniperina*

Arbustes Nom commun : Romarin officinal	
Nom latin	rosmarinus officinalis Brostatus
Famille	Labieae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	hiver et été à automne
Couleur	bleu-violet
Hauteur	1-1.5 m
Plantation	printemps
Sol	tous
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	6-7

Arbustes Nom commun : Filaire à feuilles étroites	
Nom latin	phillyrea angustifolia
Famille	Oleaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	parfumée, mellifère au printemps de mars à mai, petites fleurs hermaphrodites en petites fascicules à l'aisselle des feuilles, sur les pousses d'année précédente. Corolle à tube très court
Couleur	blanc- verdâtre
Hauteur	1 à 3 m, Ø 2 m
Plantation	automne
Sol	tous de préférence sec
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre, adapté à la pollution atmosphérique, supporte le vent et les embruns, parfaitement adapté à la sécheresse
Zone	8-10. Tolère aisément -15°C.

Arbustes Nom commun: Verveine nodiflore	
Nom latin	lippia nodiflora
Famille	verbenaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	été, petites fleurs mellifères
Couleur	blanc rosé
Hauteur	0,03-0,05 m
Plantation	automne-hiver ou printemps
Sol	quelconque
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	8-10
Arbustes Nom commun : Lavande	
Nom latin	lavandula angustifolia
Famille	Lamiaceae

Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	
Couleur	fin printemps ou début été, parfum
Hauteur	0.5-0.7 m
Plantation	automne ou printemps
Sol	drainé, pauvre et sec ou un peu frais, neutre ou alcalin, apprécie surtout les sols calcaires
pH	
Emplacement	soleil
Zone	6 ou 7

Arbustes Nom commun : Pin nain des Montagnes	
Nom latin	pinus mugo mughus
Famille	Pinaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	
Couleur	
Hauteur	3-4 m étalement 4-5 m
Plantation	
Sol	indifférent, drainé, plutôt sec, tolère bien le calcaire
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	2-9
Arbustes Nom commun: Sauge officinale à feuilles panachées	
Nom latin	alvia officinalis Icterina
Famille	Lamiaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps - été
Couleur	fleur bleu violacé de 2 à 3 cm en épi
Hauteur	0.8-1 m
Plantation	printemps et automne
Sol	tous, bien drainé, même pauvre, plutôt frais
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre légère
Zone	7-8

Arbustes Nom commun : Fusain nain	
Nom latin	euonymus japonicus Micropyllus
Famille	Celastraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	fin du printemps à début de l'été (juin-juillet)
Couleur	verdâtre
Hauteur	3-4 m
Plantation	de préférence au printemps, en effectuant une taille au moment de la plantation
Sol	bien drainé, acide ou neutre ou alcalin, accepte le calcaire, fertile ou riche, frais, humifère
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre, à l'abri des vents froids. Supporte d'être planté à l'ombre. Adapter au bord de mer et aux embruns
Zone	6-10 (tolère - 15° C).

Arbustes Nom commun : Lilas des Indes	
Nom latin	lagerstroemia indica

Famille	Lythraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	
Couleur	rose, mauve, blanc
Hauteur	2 à 8 m
Plantation	automne ou printemps
Sol	préférence pour des sols légèrement acide, riche, frais et surtout bien drainé
pH	
Emplacement	soleil, à l'abri du vent. Ne supporte pas le sel.
Zone	6-11

Arbustes Nom commun : Lin de Nouvelle Zélande	
Nom latin	phormium
Famille	Agavaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	été
Couleur	rouge
Hauteur	1-3 m
Plantation	fin printemps
Sol	riche, drainé
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	8-9/10

Arbustes Nom commun : Buis de Mahon	
Nom latin	buxus balearica
Famille	Buxaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	mai-juin parfumée et mellifère en glomérules axillaires.
Couleur	jaune-crème
Hauteur	5 m, plus dans son pays d'origine entre 8à 9m
Plantation	au printemps ou en automne
Sol	tous, riche en humus, surtout bien drainé, aime bien le calcaire
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	8-10. Moins rustique que les autres espèces

Arbustes Nom commun: Arbousier	
Nom latin	arbutus unedo
Famille	Ericaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	automne, en grappes terminales, retombantes petites fleurs mellifères, en grelots renflés au col resserré. Fruits comestibles globuleux, verruqueux d'aspect. Baies passant du vert au jaune, puis rouge-orangé à écarlate à maturité octobre-novembre suivant. (Ainsi il y a parfois en même temps les fleurs (de l'année) et les fruits de l'année précédente).
Couleur	blanc souvent teinté de rose ou de verdâtre à la base
Hauteur	3-10 m
Plantation	début automne ou printemps
Sol	sec ou frais, pauvre ou fertile, acide ou neutre ou alcalin, supporte le calcaire, pousse habituellement dans des sols siliceux ou décalcifié.
pH	
Emplacement	ensoleillée de préférence, n'aime pas être déplacé.
Zone	7-8

Arbustes Nom commun : Figuier de Barbarie	
Nom latin	opuntia ficus-indica
Famille	Cactaceae
Capacité - Rôle	
Floraison	printemps
Couleur	jaune, orange
Hauteur	4-5 m
Plantation	
Sol	bien drainé, sec en été
pH	
Emplacement	soleil
Zone	8-9

Arbustes Nom commun : Perovskia	
Nom latin	perovskia atriplicifolia
Famille	Lamiaceae
Capacité - Rôle	
Floraison	fin d'été en longs panicules (+ ou - 40 cm) de petites fleurs bisexuées et bilabiées (1 à 1,3 cm) enchâssées dans un étroit court calice tubulaire (5 à 6 mm) glanduleux
Couleur	bleu violet à violet
Hauteur	0,80 à 1,50 m
Plantation	au printemps
Sol	plutôt sec, bien drainé, caillouteux, sableux, acide ou neutre ou alcalin, apprécie le calcaire, pauvre à peu fertile
pH	
Emplacement	plein soleil et bien dégagé
Zone	5-9 parfaitement adaptée à la sécheresse

Arbuste Nom commun: Genévrier commun	
Nom latin	juniperus communis
Famille	Cupressaceae
Capacité - Rôle	
Floraison	au printemps (avril-mai-juin selon climat)
Couleur	les fleurs mâles sont jaunes, les femelles verdâtres
Hauteur	3-6 m
Plantation	début automne ou printemps
Sol	drainé, acide ou neutre ou alcalin ou calcaire, frais ou sec, pauvre ou fertile
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre. Adapté à la sécheresse
Zone	4-9. Tolère parfaitement la pollution atmosphérique

Arbuste Nom commun : Laurier rose	
Nom latin	nerium oleander
Famille	Apocynaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	abondante du printemps à automne (mai à octobre selon climat), parfumée pour certaines variétés, parfum plus prononcé la nuit. En partie terminale sur des tiges souples, rougeâtres réunies en corymbes grandes fleurs hermaphrodites en trompette à corolle tubulaire à 5 lobes soudés et étroits à la base, marge ondulée, crénelée ou effranchée et des appendices corollins formant des languettes frangées. Les boutons floraux sont vrillés.

Couleur	rose pour le type pour les variétés rouge, blanc, violet, saumon, fleurs simples ou doubles pouvant être bigarrées
Hauteur	2-6 m
Plantation	printemps
Sol	indifférent
pH	
Emplacement	soleil.
Zone	9-11 selon les variétés ou les sous-espèces tolère de -4 °C à -15 °C ailleurs le cultiver en pot qui sera durant l'hiver conservé dans une pièce fraîche à environ 16 °C pour respecter sa période de repos. Durant la période de croissance (avril à septembre) effectuer un apport d'engrais tous les 15 jours et ce toujours sur un substrat humide.

LES ARBRES...

ARBRES	
Nom commun	Nom latin
Micocoulier de Provence	*Celtis australis*
Tilleul	*Tilia tomentosa*
Chêne vert	*Quercus ilex*
Chêne blanc	*Quercus pubescens*
Murier blanc	*Morus alba*
Murier à feuilles de platane	*Morus kagayamae*
Noisetier de Byzance	*Corylus colurna*
Caroubier	*Ceratonia siliqua*
Frêne à fleurs	*Fraxinus ornus*
Erable de Montpellier	*Acer monspessulanum*
Arbre de Judée	*Cercis silicastrum*
Camphrier	*Cinnamomum camphora*
Charme houblon	*Ostrya carpinifolia*
Poirier à fleurs	*Pyrus calleyrana*
Faux poivrier	*Schinus molle*
Sophora	*Sophora japonica*
Platane d'Orient	*Platanus orientalis*
Albizzia	*Albizzia julibrisin*
Erable champêtre	*Acer campestre*

Arbre Nom commun : Murier blanc	
Nom latin	morus alba
Famille	Moraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps (avril mai suivant le climat). Petits chatons axillaires composées de minuscules fleurs qui pour les femelles vont se transformer en mûres
Couleur	vert-jaune
Hauteur	8 à 12 m voire plus
Plantation	à l'automne ou encore au printemps. Attention à bien choisir son emplacement son système racinaire est à la fois pivotant et traçant
Sol	indifférent mais bien drainé
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	4-10

Arbre Nom commun : Mûrier à feuilles de platane	
Nom latin	morus kagayamae
Famille	Moraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps
Couleur	chatun
Hauteur	6 à 7 m
Plantation	
Sol	bien drainé
pH	

Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	8-9. Peut se planter en région parisienne

Arbre Nom commun: Platane d'Orient	
Nom latin	platanus orientalis
Famille	Platanaceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	au printemps (en avril-mai) en capitules groupés, monoïques, globuleux, pendants. Inflorescences mâles et femelles séparées. En automne, fruits (akènes) hérissés, ovoïdes de 2 à 5 cm), regroupés par 3 ou 6 au bout de long pédoncule. Reste une partie de l'hiver sur l'arbre. Bourgeons coniques à deux écailles, cachés par le pétiole des feuilles
Couleur	verdâtre pour les mâles, rougeâtre pour les femelles
Hauteur	30 m
Plantation	à l'automne ou au printemps, attention racines pivotantes et traçantes. En alignement distance de plantation 3 à 5 m. Planter loin des édifices 7 à 9 m
Sol	tous, même calcaire (acide ou neutre ou alcalin, sec ou frais, pauvre ou fertile ou riche)
pH	
Emplacement	soleil
Zone	3-10

Arbre Nom commun: Chêne blanc	
Nom latin	quercus pubescens
Famille	Fagaceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	printemps
Couleur	vert
Hauteur	8 à 15 m étalement 5 à 10 m
Plantation	rien à signaler
Sol	plutôt riche, drainé, supporte le calcaire
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	7-9

Arbre Nom commun: Chêne vert	
Nom latin	quercus ilex
Famille	Fagaceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	printemps
Couleur	vert
Hauteur	15 à 20 m étalement 10 à 15
Plantation	rien à signaler
Sol	même sec, drainé, calcaire apprécié
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	7-10 parfaitement adapté aux embruns, aux vents et à la sécheresse

Arbre Nom commun: Caroubier	
Nom latin	ceratonia siliqua

Famille	Fabaceae (Ceratoninae)
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	fin de l'été à l'automne (juillet à octobre-novembre selon climat) au parfum pas toujours apprécié, nectarifère. Réunies en partie terminales, grappes (+ ou - 15cm) dressées, cylindriques de petites fleurs dépourvues de corolle juste le calice à courts sépales, un disque nectarifère et 5 étamines saillantes
Couleur	vert- rougeâtre
Hauteur	8-12 m
Plantation	automne en choisissant bien son emplacement, son système racinaire très développé rend sa transplantation à l'âge adulte très délicate
Sol	indifférent même pauvre, caillouteux surtout bien drainé, parfaitement adapté à la sècheresse
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre dans une situation abritée des vents froids
Zone	10-12, parfaitement adapté à la sécheresse

Arbre Nom commun: Micocoulier de Provence	
Nom latin	celtis australis
Famille	Ulmaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps, insignifiante
Couleur	vert-jaune
Hauteur	15-20 m
Plantation	automne
Sol	profond, drainé
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre, climat chaud
Zone	7-8

Arbre Nom commun: Erable de Montpellier	
Nom latin:	acer monspessulanum
Famille	Aceraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps (mai), en corymbes retombantes, petites fleurs hermaphrodites.
Couleur	jaune verdâtre
Hauteur	5 - 6 m peut atteindre 15 m
Plantation	à l'automne ou au printemps
Sol	calcaire de préférence,(neutre ou alcalin), sec (xérophile) même rocheux, pauvre ou fertile
pH	
Emplacement	ensoleillée
Zone	5

Arbre Nom commun: Frêne à fleurs	
Nom latin	fraxinus ornus
Famille	Oleaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	parfumée, au printemps avant le feuillage (avril-mai) sur le bois de l'année en grappes denses, minuscules fleurs (5 à 6mm) unisexuées ou hermaphrodites à 4 pétales linéaires, pollinisation par le vent
Couleur	blanc crème à blanc jaunâtre en vieillissant
Hauteur	5 à 10 m
Plantation	à l'automne
Sol	tous même préférence pour les sols fertiles, riche en azote et frais (acide ou neutre ou alcalin)
pH	

Emplacement	soleil. Supporte les vents violents et l'air marin
Zone	4-10. Tolère aisément -20°C, sensible aux gelées tardives, une fois installé supporte parfaitement la sécheresse

Arbre Nom commun: Arbre de Judée	
Nom latin	sertis silicastrum
Famille	Cesalpiniaceae. (Légumineuses).
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps (mars-avril), parfumée et mellifère. Sur le tronc en partie supérieure, les branches et les rameaux de 2 ans avant la foliaison, petites fleurs réunies en faisceaux par 4-10. Fleurs pédicillées (2 cm) papilionacées, formées de 5 pétales inégaux, les 3 supérieurs plus petits et 10 étamines
Couleur	rose vif à rose pourpre-violacé
Hauteur	6 à 10 m
Plantation	automne
Sol	riche, drainé avec une préférence pour les sols calcaires
pH	
Emplacement	soleil. À l'abri des vents violents et froids (pour la floraison).
Zone	7-9 résistance jusqu'à -10°C. Tolère la pollution atmosphérique et les embruns, parfaitement adapté à la sécheresse une fois installé.

Arbre Nom commun: Sophora	
Nom latin	sophora japonica
Famille	Papilionaceae (Fabaceae)
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	milieu de l'été à l'automne suivant la région (juillet-septembre), parfumée, nectarifère (visitée par les abeilles). En partie terminale, grandes panicules de fleurs papilionacées
Couleur	blanc crème, virant au jaunâtre en vieillisant ou pour certains cultivars blanc et rose
Hauteur	6 à 25 m
Plantation	au printemps. Soyez patient, il fleurit aux alentours de sa vingtième année.
Sol	fertile sans excès de calcaire, surtout bien drainé
pH	
Emplacement	ensoleillé
Zone	4-10

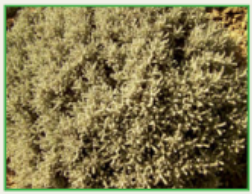
Arbre Nom commun: Camphrier	
Nom latin	cinnamomum camphora
Famille	Lauraceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	imperceptible, sous nos climat en été petit panicules axillaires de minuscules fleurs
Couleur	jaunâtre
Hauteur	15 m. (5 à 10 m en climat méditerranéen)
Plantation	au printemps ou en automne
Sol	préfère sol fertile, frais, sablonneux mais accepte les autres. (acide ou neutre ou alcalin)
pH	
Emplacement	au soleil ou mi-ombre. Protéger du gel et du vent
Zone	9-11

Arbre Nom commun: Faux poivrier	
Nom latin	schinus molle
Famille	Anacardiaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	en grappes pendantes au printemps
Couleur	jaune verdâtre, drupes aromatisées rouges corail en été
Hauteur	10 à 15 m
Plantation	au printemps ou à l'automne
Sol	indifférent
pH	
Emplacement	soleil
Zone	10

Arbre Nom commun: Albizzia	
Nom latin	albizzia julibrisin
Famille	mimosaceae, leguminosae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	longue floraison en été (mi-juin à septembre suivant le climat), parfumée, nectarifère. Réunies en racèmes terminaux, sur de court pédoncule, petits capitules (2 à 3 cm) hermaphrodites, semi-sphériques à très nombreuses étamines soyeuses et court périanthe, calice à 5 lobes effilés
Couleur	étroites gousses (10 à 15 cm) allongées et aplaties engainant une dizaine de graines allongées et plates, mâturent en septembre les gousses ouvertes persistent sur l'arbre durant l'hiver
Hauteur	6 à 10 m voir plus sous climat approprié
Plantation	toute l'année en prenant soin de lui laisser suffisamment de place (étalement 5 à 6 m)
Sol	bien drainé, sec en été
pH	
Emplacement	soleil, à l'abri des grands vents pour protéger la floraison, adapté) la sécheresse
Zone	8-9

LES VIVACES...

VIVACES	
Nom commun	Nom latin
Erigéron	Erigeron Karvinskianus
Liseron	Convolvulus sabatius
Sauge de Jerusalem	Phlomis fruticosa
Sauge sclarée	Salvia Sclarea
Santoline	Santolina chamaecyparissus
Anthyllide	Anthyllis cytisoides
Valériane	Centranthus ruber
Achillée millefeuille	Achillea millefolium
Camomille tchihatchewii	Matricaria tchihatchewii
Poivre des murailles	Sedum acre
Orpin blanc	Sedum albu "coral carpetf"
Orpin à feuilles épaisses	Sedum dasyphyllum
Orpin des Pyrénées	Sedum pyreneum
Orpin réfléchi	Sedum reflexum
Thym hirsute	Thymus hirsutus
Thym serpolet	Thymus serpyllum "elfin"
Lippia nodiflora	Phyla nodiflora
Achillea crithmifolia	Achillea crithmifolia

Vivaces Nom commun : Santoline	
Nom latin	santolina chamaecyparissus
Famille	Asteraceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	fin du printemps / été (mai à juillet, selon la région) parfumée, sur des tiges grêles et sans feuilles, petits capitules globuleux
Couleur	jaune soufre
Hauteur	0,3 à 0,6 m, étalement 50 cm à 1m
Plantation	automne ou printemps
Sol	pauvre, alcalin, calcaire, bien drainé. Supporte parfaitement la sécheresse
pH	
Emplacement	soleil, tolère la mi-ombre, supporte bien les embruns et le vent
Zone	7-9

Vivaces Nom commun : Orpin à feuilles épaisses	
Nom latin	sedum dasyphyllum
Famille	Crassulaceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	début été
Couleur	blanc
Hauteur	0,20-0,3 m
Plantation	printemps ou automne
Sol	drainé, pas trop riche, même assez sec
pH	
Emplacement	mi-ombre, soleil
Zone	9-11

Vivaces Nom commun : Thym serpolet	
Nom latin	thymus serpyllum elfin
Famille	Lamiaceae
Capacité – Rôle	
Floraison	du début au milieu de l'été
Couleur	pourpre, blanc et rose
Hauteur	0,1 m
Plantation	printemps ou automne
Sol	très bien drainé (il tolère les sols pauvres et secs)
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	3 et 4

Vivaces Nom commun: Poivre des murailles	
Nom latin	sedum acre
Famille	Crassulaceae
Capacité – Rôle	économe en eau
Floraison	fin du printemps au milieu de l'été
Couleur	jaune (petites fleurs étoilées)
Hauteur	5-10 cm
Plantation	printemps ou automne
Sol	ordinaire, sec et bien drainé
pH	
Emplacement	ensoleillé
Zone	3

Vivaces Nom commun: Sauge sclarée	
Nom latin	salvia Sclarea
Famille	Lamiaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	printemps - été
Couleur	lilas, rose ou bleu pâle
Hauteur	1 m à 1,5 m
Plantation	printemps et automne
Sol	bonne terre de jardin, bien drainée - culture sur gravier possible
pH	
Emplacement	soleil
Zone	7-8

Vivaces Nom commun : Orpin blanc	
Nom latin	sedum albu "coral carpetf"
Famille	Crassulaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	été
Couleur	blanc
Hauteur	0,1-0,2 m
Plantation	printemps ou automne
Sol	drainé, pas trop riche
pH	
Emplacement	mi-ombre, soleil
Zone	4-10

Vivaces Nom commun: Lippia nodiflora	
Nom latin	phyla nodiflora
Famille	Verbenaceae
Capacité - Rôle	
Floraison	été, petites fleurs mellifères
Couleur	blanc rosé
Hauteur	0,03-0,05 m
Plantation	automne-hiver ou printemps
Sol	quelconque
pH	
Emplacement	soleil ou mi-ombre
Zone	8-10

Vivaces Nom commun: Valériane	
Nom latin	centranthus ruber
Famille	Valerianaceae
Capacité - Rôle	économe en eau
Floraison	du printemps à la fin de l'été (mai-septembre, parfumée, nectarifère. En cime corymbes de minuscules fleurs hermaphrodites pourvues d'un éperon, corolle tubulaire à 5 lobes arrondis, une étamine et un style saillants, certains corymbes sont axillaires pourvus de deux feuilles opposées

Couleur	rose
Hauteur	1-2 m
Plantation	
Sol	tous mais surtout bien drainé, une prédilection pour les sols pauvres et calcaires
pH	
Emplacement	soleil, mi-ombre
Zone	5-10, parfaitement adaptée à la sécheresse et aux embruns

ADRESSES ET BIBLIOGRAPHIE

ADRESSES

ADEV Environnement – Bureau d'études en Aménagement, Environnement, Conseil en Développement Durable, 2, rue Jules Ferry, 36300 Le Blanc, France. Tél. : 02.54.37.19.68 et 02.54.37.99.27 contact@adev-environnement.com

Entreprise Biozeo – Concepteur de baignades naturelles - 2, rue Jules ferry, 36300 Le Blanc, France. Tél. : 02.54.37.72.50 biozeo.piscines@gmail.com

Aquaterra Solutions – Solutions techniques pour le contrôle de l'érosion, les protections de berges, génie végétal, gabions (gabion métallique, gabion électrosoudé), soutènements et renforcements des sols, végétalisation, façades minérales, aménagements hydrauliques et paysagers, Les Vincentes, 26270 Cliousclat. Tél. 04.75.63.84.65. Fax : 04.75.63.84.68. E-mail : contact@aquaterra-solutions.fr.

Jean Voisin S.A.S. – L'entreprise s'est adaptée à l'évolution des besoins en matière de protection de l'environnement, elle a su développer des filières d'épuration écologiques et rustiques, nécessitant peu d'entretien, tout en montrant de très bonnes performances épuratoires. Les Charmilles, 37360 Beaumont-La-Ronce. Tél. : 02.47.24.42.46. Fax : 02.47.24.82.41. E-mail : j.voisin.sa@wanadoo.fr.

BIBLIOGRAPHIE

Dabouineau L., Lamy Y ; Collas P., (2005), « Phytoremediation et phytorestauration », Le râle d'eau, Vol 124, p.8-15.

Ghosh M. et Singh S.P., 2005, « A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts »., Appl. Ecol. Environ. Res. 3 ,p. 1-18.

Olette R., Couderchet M., Eullafroy P., (2008), « Des végétaux aquatiques pour dépolluer l'eau chargée en pesticides », Seminaire Carinna, 33 p.

Vavasseur A., Pignol D., Coves J., (2003), « Biodépollution, bioremédiation », CLEFS CEA, n°48.

Baker AJM, Reeves RD, McGrath SP (1991), « b situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants-a feasibility study », In RE Hichee, RF Olfenbuttel, eds,

In Situ Bioreclamation. Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA, p 539-544.

McGrath, S., P., et Dunham, S., J., (1997), « Potential phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyperaccumulator plant. », Proceedings of 4th international conference on the biochemistry of trace elements, Berkeley. Ann ArborPress.

Ademe, (2006), « Traitement biologique des sols pollués : recherché et innovation », 86 p.

Inra, (2000), « Des plantes pour dépolluer les sols : la phytoremédiation ».

INERIS, (2008), « Phytotechnologies : les nouveaux outils pour la gestion durable des sites pollués », 2 p.

ARTEB, (2001), « Développement des techniques de diagnostic et de traitement des sols », Technologies Clefs 2000-2005, 6 p.

Diep thi My Hanh, E. Garnier Zarli, (2007), « Lantana camara, L, plante d'accumulateur de Plomb dans les sols pollués », vol 10, n° 1, p. 13-23

Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation de sites, (2004), « Environnement, Réhabilitation de sites », 4 p.

Chaudet G., Boixière A., (2007), « Les plantes dépolluantes », rustica éditions, Planète jardin, 130 p.

Inra, (2008), « Des normes Afnor de biosurveillance de l'environnement », fiche de presse info, 2 p.

Journée technique « Les collectivités locales et les économies d'eau », (2009), « Les économies d'eau dans les espaces verts », 10 p.

CAUE 84, (2008), « Quels végétaux pour nos villes et villages », Guide pratique Ville et Villages fleuris, 8 p.

Mairie de Bordeaux, (2007), « Jardins malins, idées à piocher ».

Le Pavillon bleu, (2008), « Une gestion écologique des espaces verts », Fondation pour l'Education à l'Environnement en Europe, 10 p.

Ludwig Von Bertalanffy, Théorie générale des systèmes, Dunod, Paris, 1973

Ludwig Von Bertalanffy, General System Theory, Foundation, Development, Applications, NY: G Braziller

SITES INTERNET

www.plantencyclo.com
www.phytopop.uhp-nancy.fr
www.phytorestore.com
www.phytorem.com
www.inra.com
www.ademe.fr
www.afnor.org
www.plantes-depolluantes.com
www.plantairpur.com

INDEX

B

balcon vitré. *Voir* **espace tampon**
barrière sonore vivante 9
bassins de rétention 10, 61, 63, 64
bio-accumulation 42, 43
bio-indicateur
  pollution 42
  qualité de l'air 42
bio-indication 42, 43
  normes Afnor 42
bio-ingénierie. *Voir aussi* **bio-ingénierie**
bionattes 79, 80
bio-rétention 60, 61, 64
bio-surveillance 42, 43
  norme NF X 43-900 42
Bramm, Biosurveillance des retombées atmosphériques métalliques par les mousses 43

C

carex 24, 25, 106
Carex 39, 73, 86, 87
collectivité 58
collectivités 49
  eaux usées 89

D

détente directe. *Voir* **capteur horizontal**
dôme. *Voir* **géodésique**

E

eaux usées 4, 15, 19, 21, 22, 89, 90, 91, 104
  roseaux 90
économie d'eau 52
  choix des plantes 52
érision
  modes d'implantation 71
érosion 69
  rhizomes 70
espaces verts
  eau 51
espace tampon. *Voir* **serre**
évapotranspiration 18, 62, 91

G

génie végétal 9, 56, 74, 84, 89, 96, 128
géofilet 78
géogrilles tridimensionnelles. *Voir* **géomats**
géomats 79, 80, 81
géotextile 78
gestion de l'eau 46
gestion des eaux pluviales 10, 60
gestion différenciée 58
gestion différentiée 59

H

haie brise-vent 10

I

installations de retenue 61, 64

J

jardin filtrant 21, 22, 28, 39
jardins filtrants 22
  carex 39

L

l'assainissement individuel 91

M

marais filtrants 9
mulchmat 80
murs dépolluants 38
murs végétaux 10, 38, 40

N

noue paysagère 61, 62, 63
noues paysagères 62, 64

P

paillage 51, 53
palette de végétation 64
pelouses 52
Phytopop 45
phytoremédiation 6, 7, 9, 14, 15, 19, 21, 26, 44, 96, 129
phytotechnologie 8
plantes dépolluantes 33
  Aglaonema 33
  Aloe vera 33
  amoniac 33
  Aracaena marginata 33
  atelier 37
  Azalée 33
  benzène 33
  bureau 37
  célier 37
  chambres 35
  Chlorophytum 33
  Chrysanthème 33

combles 38
cuisine 36
entrées 35
escaliers 35
formaldéhyde 33
garage 37
Lierre 33
monoxyde de carbone 33
pentachlorophénol 33
Philodendron 33
pièces de la maison 33
plantes toluène 33
richloréthylène 33
salle de bains 36
salon 35
Sansevieria 33
véranda 37
plantes économes en eau
Fétuque élevée (Festuca Arundinacéa) 53
Zoysia tenuifolia (Gazon des Mascareignes) 52
pollants
isolants 32
pollutants
meubles en bois aggloméré 32
monoxyde de carbonne 33
ondes électromagnétiques 33
pollution
bio-indicateur 42

Q

qualité de l'air
bio-indicateur 42

R

radeau végétalisé 68
réservoirs paysagers 66
rhizomes
érosion 70

S

sécheresse 52, 53, 67, 87, 88, 107, 116, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 127
système racinaire 53, 69, 70, 84, 120, 122
érosion 70

T

tabac 31, 42
toits végétalisés 64
toiture végétalisée 65
barrière racinaire 66
campanule à feuilles rondes (Campanula rotundifolia) 65
couche de drainage 66
couche étanche 65
coucou (Primula veris) 65
gaillet (Gallium verum) 65
Hélianthème (Helianthemum chamaecistus) 65
lotier (lotus corniculatus) 65
membrane filtrante 66
pervière (Hieracium) 65
supports de croissance ou substrat 66
végétation 66
toit végétalisé 61, 64
toit vert 10
traitement du sol 28

V

vanne
électromagnétique. *Voir* électrovanne
végétation rivulaire 70
ventilation
mécanique
contrôlée. *Voir* VMC
naturelle
assistée. *Voir* VNA
***Voir aussi* érosions** 69–129

Ces plantes qui guérissent l'habitat

Les phytotechnologies regroupent toute utilisation de plantes vivantes, répondant à des problématiques d'épuration de l'eau et de l'air, contrôlant l'érosion, restaurant des sites dégradés, captant les gaz à effet de serre ou réduisant la chaleur et la vélocité du vent. La **phytoremédiation** est une méthode de décontamination des sols, des eaux et de l'air, souillés par des polluants tels que les métaux lourds, les hydrocarbures, les pesticides… Elle est basée sur la capacité qu'ont certaines plantes à se développer en milieux contaminés, et à extraire, accumuler, stabiliser, volatiliser ou dégrader un agent polluant donné.

Le but de cet ouvrage est d'analyser les plantes et leur utilisation dans l'habitat, à travers un éventail rigoureux et appliqué. Quelle plante, pour quel usage ? Comment optimiser une construction grâce à ce que l'on appelle le génie végétal ? Cet outil bibliographique pourra être utilisé par des professionnels comme des particuliers souhaitant trouver des solutions raisonnées et raisonnables dans certaines problématiques d'aménagement.

Sébastien **ILLOVIC** est ingénieur conseil en Aménagement et Environnement, et Vincent **BONNARME**, docteur en Sciences. Ce sont leurs recherches au sein de l'Adev, leur bureau d'études, et leurs analyses poussées qui les ont menés à partager leurs connaissances. Ce livre est le fruit de leur travail.

AU PROGRAMME…

Les plantes et la dépollution • Utilisation des plantes dépolluantes - Synthèse de la phytoremédiation • **Les plantes et la gestion de l'eau** • Nouvelle politique d'espaces verts raisonnés – Choix des plantes et économies d'eau - **Application du génie végétal pour la gestion de l'eau** • Gestion différenciée des espaces verts – Méthodes alternatives de gestion des eaux pluviales – Contre l'érosion : des plantes fixateurs de sols – Gestion des eaux usées – Piscines naturelles • **Plantes susceptibles de dépolluer l'eau** • **Plantes capables de purifier l'air intérieur**.

Code éditeur : G12713
ISBN : 978-2-212-12713-3
www.editions-eyrolles.com
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif

Image de couverture : © Antoine Delor